

Université de Sherbrooke

**Effets d'une immobilisation plâtrée de type BAB (brachio-anté-brachial) sur les performances de conduite en simulateur**

Par

Dorimain, Marie Victoria Ludwilck  
Programmes de sciences cliniques

Mémoire présenté à la Faculté de médecine et des sciences de la santé  
en vue de l'obtention du grade de maître ès sciences (M. Sc.)  
en Sciences Cliniques

Sherbrooke, Québec, Canada  
Décembre, 2019

Membres du jury d'évaluation

Pre Audet Thérèse, doyenne (déléguée) et vice-doyenne à la recherche (Faculté des lettres et sciences humaines de l'Université de Sherbrooke)

Dr Cabana François, Département de chirurgie orthopédique

Pre Corriveau Hélène, École de réadaptation programme de physiothérapie

Pr Léonard Guillaume, École de réadaptation programme de physiothérapie

© Dorimain Marie Victoria, 2019

## SOMMAIRE

### Effets d'une immobilisation plâtrée de type BAB (brachio-anté-brachial) sur les performances de conduite en simulateur

Par

Dorimain, Marie Victoria

Programmes recherche en sciences cliniques

Mémoire présenté à la Faculté de médecine et des sciences de la santé en vue de l'obtention du diplôme de maître ès sciences (M.Sc.) en Sciences Cliniques, Faculté de médecine et des sciences de la santé, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canada, J1H 5N4

**PROBLÉMATIQUE :** L'immobilisation d'un membre supérieur semble incompatible avec la conduite d'un véhicule routier selon le code de la sécurité routière du Québec. L'incapacité de conduire pendant toute la période d'immobilisation a pourtant d'importantes répercussions socio-économiques pour la personne immobilisée. Toutefois, il n'y a pas de consensus dans les écrits scientifiques actuels des impacts d'une immobilisation du membre supérieur sur la sécurité routière lors de la conduite automobile.

**MÉTHODOLOGIE :** Cette étude quasi-expérimentale vise à caractériser les effets d'une immobilisation brachio-anté-brachial (BAB) sur les performances de conduite simulée. Douze participant(e)s sain(e)s (âgé(e)s de 20 à 53 ans) ont été évalué(e)s selon trois conditions (sans immobilisation, immobilisation à droite et à gauche). Trois tâches indépendantes ont été exécutées à l'aide d'un simulateur de conduite : 1) l'amplitude de mouvement maximale (AMM) à droite et à gauche; 2) l'écart et la précision angulaire; et 3) la conduite simulée sur route (temps total pour compléter le parcours, vitesse moyenne ainsi que des détails en lien avec les déviations de route). La force de préhension (test clinique) a été évaluée avec le dynamomètre JAMAR selon les trois conditions susmentionnées. Pour chaque condition, les participant(e)s ont également complété un questionnaire d'auto-perception où ils devaient indiquer de 0 à 10 le niveau de difficulté, d'insécurité, de malaise physique et de fatigue.

**RÉSULTATS :** Les données pour l'immobilisation à droite et à gauche ont été comparées à l'absence d'immobilisation. L'AMM à droite et à gauche sont significativement diminuées avec une immobilisation à droite (ipsilatéral) et à gauche (controlatéral et ipsilatéral). L'écart angulaire (droit :  $p=0,019$ ; gauche :  $p=0,050$ ) été significativement affecté par une immobilisation à droite et à gauche contrairement à la précision angulaire. Aucune des variables évaluées pour les impacts de la conduite simulée sur route n'a généré de résultats significatifs selon les puissances générées. La force de préhension est significativement diminuée avec une immobilisation à droite et à gauche ( $p<0,001$ ;  $p<0,001$ ). Les participants perçoivent qu'il est significativement plus difficile ( $p=0,003$ ) et plus insécurisant ( $p=0,003$ ) de conduire avec une immobilisation à droite et à gauche.

**CONCLUSION :** Lorsqu'évaluée en simulateur de conduite, une immobilisation BAB du côté droit diminue significativement l'AMM à droite et à gauche, la force de préhension et l'écart angulaire. Une immobilisation BAB du côté gauche diminue significativement l'AMM à gauche, la force de préhension et l'écart angulaire. De plus, avec le port d'une immobilisation, les participants ressentent plus de difficulté et d'insécurité lors des tâches en conduite simulée. La petite taille de l'échantillon, n'a pas permis de discriminer les caractéristiques sociodémographiques, anthropométriques ainsi que l'impact de l'expérience de conduite. Toutefois, les résultats suggèrent qu'une immobilisation à droite et à gauche diminue la performance et la perception de sécurité en conduite simulée et de façon plus marquée une immobilisation à droite.

**MOTS CLÉS:** Immobilisation orthopédique membre supérieur; Conduite automobile; Sécurité routière; Simulateur de conduite.

## SUMMARY

### Effects of upper limb immobilization on driving performance on a simulator

By

Dorimain, Marie Victoria  
Clinical Sciences Program

Thesis presented at the Faculty of medicine and health sciences for the obtention of Master's degree diploma maître ès sciences (M.Sc.) in Clinical sciences, Faculty of medicine and health sciences, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canada, J1H 5N4

**BACKGROUND:** Driving a motor vehicle is incompatible with a limb immobilization according to the Quebec road safety code. The incapacity to drive due to an upper limb immobilization has an important potential socio-economic effect for patients, yet there is no consensus on the impact of upper limb immobilization on driving safety.

**MATERIALS AND METHODS:** Our experimental pilot study aimed to characterise the effects of long upper limb immobilization on simulated driving. A sample of twelve (12) healthy tested the effect of three conditions (without immobilization and immobilization of the left or right upper limb) on three independent tasks on a driving simulator: 1) maximal range of movement (ROM); 2) angular deviation and precision; and 3) impact of the immobilization during on-road simulated driving. Participants were also tested for grip strength and completed a questionnaire on perceived difficulty, insecurity, physical discomfort and fatigue.

**RESULTS:** The data from absence of immobilization was compared to left or right arm immobilization. Maximum ROM to the right and left were significantly diminished with respective immobilizations: right (ipsilateral) and left (ipsilateral and contralateral). Angular deviation (right:  $p=0.019$ ; left  $p=0.050$ ) was significantly affected by both right and left arm immobilizations while angular precision was not. For the impacts of simulated on-road driving, no significant differences were observed for the measured tasks. Hand-grip was significantly reduced with an immobilization on both right and left arm ( $p<0.001$ ;  $p < 0.001$ ). Participant's perception of difficulty ( $p=0.003$ ) and insecurity ( $p=0.003$ ) were significantly increased with an immobilization on either arm.

**CONCLUSION:** Above-elbow upper limb immobilization significantly affected ROM in a driving simulator and increased perceived difficulty and insecurity. As such, both left and right arm immobilization may affect driving performance and safety.

**KEYWORDS:** Orthopaedic immobilization; Upper limb immobilization; Motor vehicle driving; Driving simulator; Road safety

## TABLE DES MATIÈRES

<b>Chapitre 1 : Introduction .....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre 2 : Problématique.....</b>	<b>4</b>
<b>Chapitre 3 : Recension d'écrits .....</b>	<b>10</b>
<b>3.0 Immobilisations orthopédiques.....</b>	<b>10</b>
<b>3.1 Types d'immobilisations du membre supérieur (IMS).....</b>	<b>11</b>
3.1.1 Immobilisation anté-brachial (AB) .....	11
3.1.2 Immobilisation thoraco-brachial .....	13
3.1.3 Immobilisation brachio-antébrachio (BAB).....	13
<b>3.2 Conduite avec une immobilisation au membre supérieur (IMS) .....</b>	<b>16</b>
3.2.1 Sondages indiquant la proportion de patients conduisant avec une IMS .....	16
3.2.2 Temps écoulé avant le retour à la conduite automobile avec une IMS .....	17
3.2.3 La conduite automobile avec une immobilisation et les avis d'instances concernées .....	18
3.2.3.1 Corps policiers et instances de régulation des permis de conduire .....	18
3.2.3.2 Compagnies d'assurance automobile.....	19
3.2.3.3 Professionnels médicaux (médecins et chirurgiens orthopédiques) .....	20
<b>3.3 Études expérimentales sur l'évaluation de la conduite automobile avec une IMS....</b>	<b>27</b>
3.3.1 Évaluation de la conduite sur route ou en circuit fermé.....	27
3.3.2 Évaluation de la conduite simulée.....	31
3.3.2.1 Simulateur de conduite .....	31
3.3.2.2 Validation de simulateur de conduite .....	33
3.3.2.3 Conclusion de validation de simulateur de conduite.....	40
3.3.2.4 Évaluation de la conduite automobile en simulateur et sécurité routière.....	41
3.3.2.5 Conduite automobile en simulateur et sécurité routière avec immobilisation du membre supérieur .....	42
<b>3.4 Conclusion de la revue des écrits scientifiques .....</b>	<b>48</b>
<b>Chapitre 4 : cadre conceptuel de la conduite automobile.....</b>	<b>51</b>
<b>4.1 Modèle de Michon.....</b>	<b>51</b>
<b>4.2 Modèle de Brouwer.....</b>	<b>53</b>
<b>4.3 Modèle de Lindstrom-Forneri.....</b>	<b>54</b>
<b>4.4 Relation entre les modèles et les évaluateurs de performance de conduite utilisés</b>	<b>56</b>
<b>Chapitre 5: hypothèse et objectif .....</b>	<b>59</b>
<b>5.1 Objectif principal et objectifs secondaires.....</b>	<b>59</b>

<b>5.2 Hypothèse principal et hypothèses secondaires .....</b>	<b>59</b>
<b>Chapitre 6: Matériel et méthodes .....</b>	<b>60</b>
<b>6.1 Dispositif de recherche.....</b>	<b>60</b>
<b>6.2 Stratégies de recrutement.....</b>	<b>60</b>
<b>6.3 Échantillon .....</b>	<b>60</b>
6.3.1 Critères d'inclusion .....	60
6.3.2 Critères d'exclusion .....	61
<b>6.4 Taille d'échantillon désirée .....</b>	<b>61</b>
<b>6.5 Instrument de mesure .....</b>	<b>61</b>
6.5.1 Instrumentation du véhicule .....	63
<b>6.6 Variables indépendantes (conditions) .....</b>	<b>64</b>
<b>6.7 Épreuves de conduite et variables biomécaniques.....</b>	<b>64</b>
6.7.1 Épreuve 1 A : amplitude de mouvement maximale à droite et à gauche .....	64
6.7.2 Épreuve 1 B : Manœuvres de contrôle (variables écart angulaire et précision angulaire) .....	65
6.7.3 Épreuve 2 : parcours standardisé: contrôle de la trajectoire.....	67
<b>6.8 Variables descriptives et cliniques .....</b>	<b>68</b>
<b>6.9 Procédure de la collecte de données .....</b>	<b>70</b>
<b>6.10 Dimension éthique .....</b>	<b>70</b>
<b>Article 1.....</b>	<b>72</b>
<b>Introduction.....</b>	<b>77</b>
<b>Materials and Methods .....</b>	<b>78</b>
Population and recruitment.....	78
Driving simulator.....	78
Procedure.....	79
Measurements of driving performance.....	79
Statistical analysis .....	81
<b>Results .....</b>	<b>82</b>
<b>Discussion.....</b>	<b>86</b>
<b>Conclusion .....</b>	<b>89</b>
<b>References.....</b>	<b>90</b>
<b>CHAPITRE 7: Discussion.....</b>	<b>92</b>
<b>7.1 Rappel de l'objectif principal et des objectifs secondaires de l'étude.....</b>	<b>92</b>

<b>7.2 Similarités et disparités entre les résultats obtenus et les écrits scientifiques disponibles.....</b>	<b>93</b>
7.2.1 Restrictions plus limitatives avec une IMS droit.....	93
7.2.2 Diminution de la performance : manœuvre de contrôle, préhension, réaction aux changements de direction et contrôle de trajectoire.....	94
7.2.2.1 Manœuvre de contrôle et préhension.....	95
7.2.2.2 Manœuvre de contrôle et changements de direction.....	96
7.2.2.3 Contrôle de trajectoire.....	97
7.2.3 Auto-perception de la difficulté et de la sécurité.....	99
<b>7.3 Limites de l'étude .....</b>	<b>100</b>
7.3.1 Taille et caractéristiques de l'échantillon.....	100
7.3.2 Analyses statistiques, puissances et erreur de type II .....	100
7.3.3 Installations du simulateur .....	101
7.3.4 Composantes de l'épreuve 2 : conduite simulée sur route .....	101
<b>7.4 Forces et Retombées potentielles de l'étude .....</b>	<b>101</b>
<b>CHAPITRE 8 : CONCLUSION .....</b>	<b>104</b>
<b>Liste des références.....</b>	<b>106</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>112</b>
<b>Annexe 1 : Tableau sommaire de la recension d'écrits – Partie 1 (enquête et revue des écrits scientifiques disponibles) .....</b>	<b>113</b>
<b>Annexe 1 : Tableau sommaire de la recension d'écrits – Partie 2.....</b>	<b>114</b>
<b>Annexe 1 : Tableau sommaire de la recension d'écrits – Partie 3.....</b>	<b>115</b>
<b>Annexe 1 : Tableau sommaire de la recension d'écrits – Partie 4.....</b>	<b>116</b>
<b>Annexe 2 : Questionnaire des données descriptives .....</b>	<b>117</b>
<b>Annexe 3 : Questionnaire démographique pré-étude.....</b>	<b>118</b>
<b>Annexe 4 : Fiche des tests cliniques et questionnaire d'auto perception .....</b>	<b>119</b>
<b>Annexe 5 : Fiche des données cliniques et de l'ordre de passation.....</b>	<b>120</b>
<b>Annexe 6 : Formulaire de confirmation de réception des frais de dédommagement ..</b>	<b>121</b>
<b>Annexe 7 : Formulaire d'information et de consentement de participation .....</b>	<b>122</b>
<b>Annexe 8 : Certificat d'éthique en matière de recherche sur les humains .....</b>	<b>129</b>

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Régions anatomiques affectées justifiant une immobilisation plâtrée BAB.....	15
Tableau 2 : Résumé des études expérimentales évaluant la conduite automobile avec une IMS courte (anté-brachiale) .....	47
Tableau 3 : Résumé des études expérimentales évaluant la conduite automobile avec une IMS longue (brachio-anté-brachial).....	48

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Immobilisation anté-brachio-palmaire .....	12
Figure 2 : Immobilisation anté-brachio-palmaire avec moulage du pouce (thumb spica) ...	12
Figure 3 : Immobilisation thoraco-brachial .....	13
Figure 4: Immobilisation brachio-anté-brachial (BAB) .....	14
Figure 5 : Exemple de simulateur de conduite utilisé au CIUSSS-CHUS de Fleurimont....	33
Figure 6 : Validation d'un simulateur.....	34
Figure 7 : Conceptualisation et adaptation du modèle de Michon .....	52
Figure 8 : Conceptualisation et adaptation du modèle de Brouwer en lien avec le présent projet de recherche.....	54
Figure 9 : Conceptualisation et adaptation du modèle Lindstrom-Forneri en lien avec le présent projet de recherche .....	56
Figure 10 : Environnement de simulation du logiciel STISIM .....	62
Figure 11 : Habitacle du véhicule utilisé pour le projet de recherche .....	63
Figure 12 : Projection du visuel du projet de recherche .....	65
Figure 13 : Cadran pour la précision angulaire du projet de recherche.....	66
Figure 14 : Visuel pour les sorties de route .....	67
Figure 15 : Visuel de projection de conduite sur route en simulateur .....	68



## LISTE DES ABRÉVIATIONS

AMM	Amplitude de mouvement maximal; <i>Range of motion</i>
AB	Anté-brachial (inclut le poignet et les carpes); <i>Short arm cast or below elbow cast</i>
BAB	Brachio-ante-brachial (du nœud des métacarpes jusqu'en dessous de l'épaule sans les aisselles).
BABP	Brachio-anté-brachio palmaire; <i>Long arm cast or Above elbow cast</i> Immobilisation des articulations du carpe, du coude, et les deux os de l'avant-bras. La 1ère phalange du pouce peut être prise en cas de fracture du scaphoïde.
BP	Brachio palmaire ; <i>Wrist cast</i> BAB, BABP et BP sont des termes synonymes dans les écrits scientifiques disponibles.
CIUSSS-CHUS	Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de l'Estrie - Centre hospitalier universitaire de Sherbrooke
MS	Membre supérieur; <i>Upper limb</i>
ROM	Range of Motion

## DÉDICACE

*Je me considère très choyée d'avoir toujours croisé dans la vie une multitude de personnes grâce à qui, au fil du temps, je suis devenue la personne que je suis aujourd'hui.*

*Celles-ci m'ont soutenue de façon continue ou à des moments précis afin que je vois toujours le meilleur de ce que la vie a à m'offrir avec l'effort nécessaire. Ces personnes, pour la plupart, sans le savoir, m'ont été des bouées de positivisme dans les moments moins gratifiants de ma vie.*

*À chacun de vous, merci et je vous dédie ce mémoire.*

*Je vous remercie d'avoir cru en mes projets, mes rêves et de m'avoir permis de garder une vision (peut-être naïve, mais qui me rend heureuse) de la vie et de ce monde.*

*À vous tous, je dédie ce mémoire.*

*Cette liste est non-exhaustive évidemment, mais dans le parcours de réalisation de ce mémoire, ce sont les personnes qui, je considère, m'ont le plus marqué.*

*Avant toute chose, à ma famille pour leur amour et support inconditionnel. Je vous suis grée de m'avoir toujours accepté tel que je suis avec mes forces, mais aussi mes imperfections. Je vous dédie ce mémoire pour votre confiance en mes capacités ainsi que vos encouragements à tout égard.*

*À mes deux fils (Jules et Charles), mon mari (Jean-Sébastien), ma mère (Rita), mon défunt père (Louis Marie Titus), mes sœurs et leurs maris (Marie Murcie, Marie Louise Abélarde et Marie Charles), mes frères (Titus et Joseph), mes beaux-parents (France et Jean-Pierre) et tout le reste de ma famille élargie (vous êtes nombreux mais chacun très important à mes yeux).*

*Ensuite, je dédie évidemment ce mémoire à mes directeurs de recherche. Vous êtes des modèles exemplaires d'humanisme, de patience et de professionnalisme. Sans votre temps ainsi que vos précieux conseils et corrections, ce long projet n'aurait pas été possible.*

*À Professeure Corriveau Hélène et Dr Cabana François.*

*Également, je dédie ce mémoire à toute l'équipe du programme de sciences cliniques (sciences de la santé), des études supérieures et du décanat de la faculté de médecine et des sciences de la santé de l'Université de Sherbrooke. Je suis reconnaissante à chacun des membres du jury d'avoir pris de votre temps pour m'aider dans ce parcours grâce à vos corrections. Chacun de vous a été une source de motivation et de support. Je vous remercie de m'avoir tous permis (chacun à votre manière) de garder une vision positive et optimiste de l'humanité.*

## ÉPIGRAPHE

*Our deepest fear is not that we are inadequate.  
Our deepest fear is that we are powerful beyond measure.  
It is our light, not our darkness, that most frightens us.  
We ask ourselves, who am I to be brilliant, gorgeous, and talented?  
Actually, who are you not to be?  
You are a child of God.  
Your playing small does not serve the world.  
There is nothing enlightened about shrinking so that others won't feel insecure around you.  
We are all meant to shine as children do.  
We were born to make manifest the glory of God that is within us.  
It's not just in some of us, it's in everyone.  
And as we let our own light shine, we unconsciously give other people permission to do the same.  
As we are liberated from our own fear, our presence automatically liberates others.*

*Marianne Williamson, "A Return to Love"*

## REMERCIEMENTS

Le parcours de réalisation de cette aventure qu'est une maîtrise de type recherche a été des plus formateurs de toute ma vie. On passe par toute une gamme d'émotions qui nous font grandir et apprécier chacune des étapes surmontées surtout quand on a à jongler plusieurs autres sphères de notre vie en même temps. On est poussé à découvrir qui l'on est comme personne à plusieurs niveaux : c'est quoi nos limites, comment sortir de sa zone de confort et s'adapter au quotidien de notre vie, etc. On apprend vite à se remettre en question, à mieux organiser ou gérer son temps, à se perdre et se retrouver, à être patient et plus discipliné.

À ce jour, je peux sincèrement dire qu'il s'agit d'une des meilleures expériences formatrices de ma vie et ce, dans tous les sens du concept de développement personnel. Dans cette optique, vivre et apprécier cette opportunité n'aurait pas été possible sans des personnes clés qui m'ont accompagnée et soutenue pendant chacune des étapes de cette longue expérience de vie.

Tout d'abord, dans les moments les plus difficiles, j'ai été encouragée par la mémoire de mon défunt père, l'amour inconditionnel qu'il m'a toujours démontré et les meilleurs moments de mon enfance (de ce temps où la vie était si simple et tout semblait possible). Mon cher père m'a transmis son amour de la lecture; il m'a toujours mentionné qu'il est important de placer les priorités aux places qui nous semblent les plus adéquates/opportunes et de toujours terminer ce que l'on entreprend.

Je n'aurais jamais pu terminer cette maîtrise sans le support de mon magnifique mari, Jean-Sébastien Guay et de ma merveilleuse mère, Rita Beauger, qui ont une vision tellement optimiste et rafraîchissante de la vie. Ils ont été présents pour m'encourager quand la lumière au bout du tunnel semblait si loin et inatteignable. La naissance de mon premier fils, Jules, m'a pourvue de la maturité et motivation nécessaire pour mener à terme ce beau projet. Le démarrage de mon entreprise m'a confronté à la nécessité de compléter cette longue démarche; j'avais toujours cette charge mentale liée à la nécessité de finir cette maîtrise afin que cela ne devienne un regret dans mes vieux jours. Avec la naissance prochaine de mon deuxième fils, il fallait compléter à tout prix cette aventure. Tout au long de ce parcours, la détermination est devenue un concept applicable plutôt qu'une notion abstraite.

Évidemment, je n'aurais pu compléter ce parcours sans mes directeurs de recherche, Dr François Cabana (M.D.) et Professeure Hélène Corriveau (PhD), qui ont fait preuve de compréhension et de patience à mon égard. Il y a très peu de personnes croisées sur le chemin de notre vie qui nous marquent positivement pour toujours. Je vous remercie de tout cœur de votre gentillesse, patience, aide et dévouement. Un énorme merci à Pre Thérèse Audet et Pr Pr Guillaume Léonard ayant composé le jury pour leur temps et précieux commentaires.

Je tiens à remercier également Mathieu Hamel (*ing. M.Sc.A*), Antoine Guillerand, Vincent Descarie et Amy Sotelis qui ont travaillé sur le projet et ont contribué à sa réalisation. Un grand merci aussi à toutes les personnes du Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de l'Estrie – Centre hospitalier universitaire de Sherbrooke (CIUSSS–CHUS) et du centre de recherche sur le vieillissement de Sherbrooke (CDRV) qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet.

## **CHAPITRE 1 : INTRODUCTION**

Le système musculosquelettique permet le soutien et l'aptitude de se mouvoir grâce au squelette (os de la tête, du tronc, des membres supérieurs et des membres inférieurs), muscles et articulations (cartilages, tendons, et ligaments). En cas de pathologie, les chirurgien(ne)s orthopédiques ont souvent recours à des immobilisations d'articulation pour les fractures, les entorses, les déchirures musculaires ou les ruptures de tendon afin de protéger et limiter les mouvements ou réduire la douleur. La durée de l'immobilisation peut être courte, moyenne ou longue selon l'ampleur du traitement et de l'objectif visé.

Selon les études scientifiques répertoriées un peu partout à travers le monde, quiconque conduit est responsable de juger de son aptitude à conduire un véhicule routier avec une immobilisation. La personne qui conduit est donc responsable de décider du moment où elle se juge apte à reprendre ses activités de conduite avec son immobilisation. Toutefois, selon le règlement relatif à la santé des conducteurs du code de la sécurité routière du Québec, l'immobilisation d'un membre est incompatible avec la conduite d'un véhicule routier. En cas d'incapacité temporaire ou permanente, afin de reprendre les activités de conduite d'un véhicule routier avec une immobilisation, toute personne doit s'assurer préalablement d'obtenir un rapport d'évaluation fonctionnelle en ergothérapie stipulant qu'elle est apte à conduire. Considérant les délais d'attente pour une évaluation fonctionnelle en ergothérapie ainsi que les impacts socio-économiques d'une incapacité à conduire pour une conductrice immobilisée, cette exigence semble injustifiée surtout en ce qui a trait aux incapacités temporaires. De plus, il existe peu d'écrits scientifiques concernant les effets d'une immobilisation sur la conduite automobile soutenant la nécessité d'un tel règlement.

Les écrits scientifiques actuels n'offrent aucun consensus en ce qui a trait aux impacts de l'immobilisation d'un membre supérieur sur la sécurité lors de la conduite automobile. Les séquelles des immobilisations sur la conduite automobile sont encore sous-explorées et les impacts réels transposables vers des recommandations sont méconnus. De plus, l'incapacité de conduire pendant toute la période d'immobilisation a d'importantes répercussions socio-

économiques pour la personne immobilisée; celle-ci doit, de façon générale, maintenir ses occupations et obligations personnelles, professionnelles et communautaires (sociales).

À travers ses différents chapitres, sections et sous-sections, ce mémoire vise à enrichir les connaissances en matière d'écrits scientifiques disponibles sur les effets des immobilisations du membre supérieur sur la conduite automobile. Elle vise plus spécifiquement à caractériser les effets d'immobilisation brachio-anté-brachial (BAB) sur la performance en conduite automobile simulée par l'entremise des résultats d'une étude quasi-expérimentale.

Outre cette introduction, ce mémoire comporte huit autres chapitres fournissant chacun les informations nécessaires favorisant une meilleure compréhension du projet de recherche.

Le deuxième chapitre amène la problématique ayant suscité l'intérêt et la nécessité de ce projet de recherche. Celui-ci met en évidence les différentes réglementations, lignes directrices et normes ailleurs au Canada par rapport au Québec. Il y est également présenté le dilemme auquel sont confrontés les médecins souvent appelés à se prononcer sur l'aptitude à conduire de leurs patients ayant une immobilisation.

Afin de bien comprendre les différents aspects liés au sujet, dans le troisième chapitre, suivra la revue des écrits scientifiques disponibles (recension d'écrits) présentant les différentes publications antérieures. Cette dernière mettra l'emphasis sur les immobilisations du membre supérieur (IMS) et plus spécifiquement l'immobilisation BAB. Il y sera question de la conduite automobile avec une IMS et l'évaluation de la conduite automobile par l'intermédiaire de simulateurs de conduite.

Ensuite, suivra dans le quatrième chapitre, la présentation du cadre conceptuel utilisé pour ce projet. Celui-ci a été élaboré à partir de différents modèles théoriques et explicatifs pertinents à la conduite automobile. Donc, les quatre premiers chapitres présentent principalement les ancrages sur lesquels s'appuient cette étude et sur lesquels repose l'élaboration du protocole de recherche.

Les objectifs du projet ainsi que les hypothèses de recherche sont présentés dans le cinquième chapitre. L'hypothèse principale ainsi que les hypothèses secondaires de recherche ont été émises entre autres selon l'information disponible dans la revue des écrits scientifiques disponibles.

Le sixième chapitre complète la méthodologie de recherche dont les résultats sont présentés via l'article scientifique publié dans la revue « International Journal of Physical Medicine and Rehabilitation ».

La discussion est élaborée dans le septième chapitre expliquant les résultats obtenus tout en faisant un lien avec les écrits scientifiques présentés dans la recension des écrits ainsi que les limites et retombées potentielles de l'étude.

Finalement, le huitième chapitre présente la conclusion de ce mémoire en lien avec les objectifs visés, les hypothèses formulées et les résultats obtenus.

## **CHAPITRE 2 : PROBLÉMATIQUE**

Les immobilisations plâtrées sont vastement utilisées dans le traitement de plusieurs pathologies en orthopédie (Guide de prise en charge de la clientèle orthopédique de l'Outaouais, 2014)). Pour le membre supérieur, une immobilisation brachio-anté-brachial (BAB) est utilisée pour le traitement de diverses fractures, dislocations ou entorses dont le poignet (scaphoïde, Colles, Smith, Barton ou Hutchinson en référence au radius distal ou à l'ulna distal), le coude (radius proximal de la tête ou du cou du radius, Essex-Lopresti), l'avant-bras (radius proximal et ulna proximal) et l'humérus (proximal, distal [supracondyloire], médial et latéral) (Hoynak [2015], Nana et al [2016], Sandstrom [2015], Nishijima [2016], Frankel [2017], Kelly [2012]). La durée de ce type d'immobilisation peut varier de deux à douze semaines selon plusieurs facteurs liés à la condition pathologique et à l'individu (Banse, 2005). Ces mécanismes de soutien et de protection ont un impact fonctionnel important chez l'individu dont la limitation de ses déplacements particulièrement en ce qui a trait à la conduite automobile (Yasuda et al., 2005).

### **2.0 Conduite automobile avec une IMS : état général de la situation**

Quand ce projet a débuté en 2010 et jusqu'en 2015, selon l'information disponible dans les écrits scientifiques, partout dans le monde, il n'existait pas de lignes directrices basées sur des données probantes permettant une standardisation des conseils donnés aux patients par les chirurgiens orthopédistes (Stevenson, 2013). Tel que présenté plus loin dans cette section, ce n'est qu'en 2015, qu'au Canada, le Conseil canadien des administrateurs en transport motorisé (CATM) a proposé quelques lignes directrices au sujet des immobilisations permanentes. Il y a peu de recherches pour guider les médecins et les patient(e)s dans la décision de conduire sans danger tout en portant diverses formes d'immobilisations du membre supérieur (Jones et al., 2016). Pourtant, c'est un dilemme auquel sont constamment confrontés les médecins avec leurs patient(e)s car il y a des implications légales et aussi de sécurité (Chen et al., [2008]; Nunez et al., [2004]). Pour combler cette absence, plusieurs recommandent le plus souvent aux patient(e)s de ne pas conduire (Von Arx et al., 2004).



Le fait de ne plus pouvoir conduire fait perdre leur indépendance aux patient(e)s compromettant ainsi leur aptitude à travailler et à s'occuper de ceux qui dépendent d'eux; ces personnes ont également de la difficulté à maintenir des contacts sociaux, à continuer à s'impliquer dans des activités d'intérêt et à participer aux activités de la communauté (Berger et al., 2000). Ces pertes ont d'énormes impacts émotionnels, au niveau du bien-être physique, de la qualité de vie et de l'estime de soi chez plusieurs patient(e)s (Berger et al., 2000). Pourtant, qu'il s'agisse de la conduite d'une automobile, d'un scooter ou d'un vélo, la capacité de conduire dans notre société moderne est considérée comme un droit, un privilège ou une nécessité à la survie (Roberts C., 2016).

## **2.1 Conduite automobile avec une IMS : état de la situation au Canada**

Au Canada, la réglementation est différente d'une province à l'autre. Par exemple, en Ontario, il est légal de conduire avec l'immobilisation d'un membre. Toutefois, en cas de contrôle routier, si un policier juge que le conducteur ne peut conduire de façon sécuritaire à cause de son immobilisation, celui-ci peut être accusé de conduite imprudente en vertu de la HTA (Highway Traffic Act; 2016). En Ontario, il incombe au conducteur de s'assurer d'être capable de conduire un véhicule automobile en toute sécurité, ce qui inclut de s'assurer que l'accélérateur et le frein du véhicule peuvent être utilisés efficacement.

Le CATM propose un guide en deux parties afin de déterminer l'aptitude à la conduite au Canada. La première partie de ce guide présente le Modèle pour l'administration de programmes d'aptitude des conducteurs (2015) et la deuxième partie propose des Normes médicales du CATM (2015). L'administration des programmes d'aptitude à la conduite et les normes médicales sont destinées à améliorer la compréhension des conditions médicales pouvant affecter la conduite sécuritaire. Elles visent à assister les gouvernements provinciaux et les territoires dans leur rôle d'évaluation des privilèges de conduite. Ces documents découlent de la collaboration entre les provinces et territoires du Canada afin de créer des normes nationales pour l'aptitude de toute personne qui conduit. Ces lignes directrices et normes reflètent l'engagement envers la sécurité routière. Elles s'assurent également de permettre le plus de privilèges de conduite possible en ancrant ces normes médicales sur les meilleures preuves disponibles. Elles se concentrent sur la capacité fonctionnelle à conduire

plutôt que le diagnostic médical et répondent à la jurisprudence établissant que les autorités canadiennes doivent évaluer individuellement toute personne désirant conduire.

Dans la section « Évaluation de la fonction motrice » (section 5.5, CATM; 2015) au modèle de lignes directrices proposées, lorsqu'un rapport crédible indique qu'il y a perte de fonction motrice d'autres informations sont nécessaires. Il faut valider si l'individu possède suffisamment d'amplitude de mouvement et de force pour effectuer les fonctions motrices nécessaires pour conduire les types de véhicules à moteur autorisés sous la classe de licence détenue ou demandée. Également, il est nécessaire de vérifier si la douleur associée à une maladie ou les médicaments utilisés pour le traitement d'un problème médical peuvent nuire à la fonction motrice de l'individu. De plus, il importe d'examiner si la personne désirant conduire peut utiliser le type de véhicule à moteur permis en vertu de la catégorie de permis détenu ou demandé. Des modifications du véhicule et des dispositifs compensatoires peuvent s'avérer nécessaires pour pallier les déficiences fonctionnelles.

Afin d'obtenir ces informations additionnelles, les autorités concernées (en matière de conduite routière et de gestion des permis de conduire) peuvent demander un essai routier standard visant à confirmer l'aptitude du conducteur à utiliser l'équipement ou les modifications du véhicule. Une évaluation plus poussée d'un ergothérapeute ou d'un spécialiste en réadaptation pourra également être demandée afin d'obtenir certaines informations qu'un test de conduite sur route ne fournit pas nécessairement (section 5.5, CATM; 2015). Toutefois, ces lignes directrices semblent convenir davantage en cas d'incapacités permanentes ou chroniques plutôt que dans le cas d'une incapacité temporaire.

Outre certains protocoles internes de recommandations (dans des cliniques privées), l'Association médicale canadienne propose le guide d'évaluation médicale de l'aptitude à conduire (9<sup>th</sup> edition of the Driver's Guide: Determining Medical Fitness to Operate Motor Vehicles, 2017). Celui-ci sert à aider les médecins à évaluer la capacité de leurs patient(e)s à conduire des véhicules automobiles en toute sécurité. En ce qui a trait aux troubles musculosquelettiques, il y est suggéré de recommander aux patient(e)s ayant un trouble permanent d'éviter de conduire avant que leurs aptitudes à conduire de façon sécuritaire ne

soient évaluées. Également, toute personne ayant un trouble permanent doit avertir les autorités concernées de permis de conduire de toute incapacité à conduire. Pour ce qui est des troubles musculosquelettiques temporaires pouvant affecter une conduite sécuritaire, il y est recommandé de ne pas conduire en attendant que la condition ne soit évaluée et ait été traitée ou résolue (CMA Driver's Guide – 9th edition; 2017). En évaluant la personne immobilisée, il est important d'établir initialement si celle-ci conduit un véhicule à transmission automatique ou manuelle et s'il s'agit d'une blessure ou d'une invalidité temporaire ou permanente.

En ce qui a trait aux membres supérieurs, une conduite sécuritaire requiert que les deux mains soient fermement sur le volant sauf pour opérer d'autres commandes ou saisir rapidement le contrôle manuel afin d'effectuer les changements de vitesse manuelle lorsque nécessaire. Une évaluation complète et soigneuse du système musculosquelettique est nécessaire en cas de doute d'une déficience ou d'une incapacité physique pouvant affecter l'aptitude à conduire et à effectuer les manœuvres requises rapidement et précisément sans trop de douleur et de façon répétitive (CMA Driver's Guide – 9th edition; 2017). Également, cette évaluation est requise pour toute personne prévoyant conduire un transport de passagers ou l'utilisation commerciale d'un véhicule. Dans ce guide, la conduite d'une motocyclette ou d'une mobylette (scooter) avec toute immobilisation d'un membre ou d'une articulation est déconseillée systématiquement.

## **2.2 Conduite automobile avec une IMS : état de la situation au Québec**

Selon l'article 33 de la cinquième section du règlement québécois sur les conditions d'accès à la conduite d'un véhicule routier relatives à la santé des conducteurs (D. 511-2015, a. 21.), « *la perte anatomique ou fonctionnelle d'un membre ou d'une articulation d'un membre ou l'immobilisation d'un membre est essentiellement incompatible avec la conduite d'un véhicule routier à moins que la personne démontre, à la satisfaction de la Société de l'assurance automobile du Québec, qu'elle peut conduire de façon sécuritaire un véhicule routier correspondant à la classe de permis en cause ou à la classe qu'elle désire obtenir* » (Code de la sécurité routière, 2015).

Afin de démontrer de façon satisfaisante à la Société de l'assurance automobile du Québec qu'elle peut conduire un véhicule routier, toute personne immobilisée doit obtenir un rapport d'évaluation fonctionnelle d'un ergothérapeute spécialiste en la matière. Cette démarche implique des délais pouvant dépasser la durée même du temps requis pour le port de l'immobilisation puisqu'il y a un code de priorité lié à l'obtention d'un tel rapport. En effet, en concordance avec le code de priorité statué par le comité décisionnel en évaluation fonctionnelle du conducteur, le temps d'attente pour l'obtention d'un tel rapport peut varier de quatre à huit semaines puisque celui-ci prend en considération tous les éléments du dossier de chaque patient (Centre de réadaptation en déficience physique Chaudière-Appalaches, 2015). Durant ce délai d'attente, les patients immobilisés continuent de s'adonner à la plupart de leurs activités courantes (sociales, économiques, médicales, etc.) (Berger, 2000). Ceci implique également dans la plupart des cas la conduite d'un véhicule routier.

L'ampleur de l'incapacité fonctionnelle d'une immobilisation est tributaire du type d'immobilisation, du côté où est installée celle-ci en lien avec le côté dominant et la longueur de celle-ci (courte ou longue) en plus des facteurs liés à la douleur associée à la blessure, la diminution de la force et les comorbidités de la personne (Mansour et al. 2015). Il devient donc important de vérifier l'impact réel d'une IMS, plus particulièrement d'une immobilisation BAB, sur la conduite automobile afin de mieux se positionner sur la pertinence du règlement du code de la sécurité routière interdisant la conduite automobile avec celle-ci.

L'article 33 ne fait pas de distinction précise à l'égard des atteintes fonctionnelles permanentes ou temporaires. En tenant compte de l'achalandage pour les besoins d'évaluation fonctionnelle en ergothérapie actuellement (Centre de réadaptation en déficience physique Chaudière-Appalaches, 2015), la nécessité d'une telle démarche est superflue pour une immobilisation de quatre à huit semaines. De plus, la SAAQ et le bureau du Coroner du Québec ne maintiennent pas de données ou de statistiques en lien avec les accidents mineurs, majeurs ou mortels répertoriés impliquant un conducteur avec un membre immobilisé (SAAQ, 2014; Bureau du Coroner du Québec, 2014). Également, la plupart des patient(e)s ayant une immobilisation à un membre affirment conduire avec celle-ci. Selon

une étude de Kalamaras (2006) et une étude non-publiée réalisée à la clinique de fracture du centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de l'Estrie - centre hospitalier universitaire de Sherbrooke (CIUSSS de l'Estrie-CHUS), entre 50 et 80% des patients conduisent avec leur immobilisation. L'ambiguïté actuelle renforce donc la pertinence et nécessité de notre projet de recherche.

Bref, il y a peu d'études sur les IMS et la conduite automobile. Certaines études recommandent tout simplement de ne pas conduire en l'absence de données probantes. Au Canada, des lignes directrices existent, mais elles traitent principalement des incapacités permanentes. Alors que partout ailleurs le conducteur est responsable de décider de juger s'il est apte à conduire avec une IMS, au Québec, il est interdit de conduire avec une immobilisation sans un rapport d'évaluation fonctionnelle. Les délais d'obtention de ce rapport étant plus longs que la durée d'une immobilisation temporaire semble injustifiée une telle réglementation puisque l'incapacité de conduire a des impacts majeurs sur la vie des patient(e)s ne pouvant plus s'adonner à leurs obligations de la vie courante. De plus, la majorité des personnes interrogées mentionnent qu'ils conduisent avec leurs immobilisations. L'absence actuelle de données répertoriant les accidents ou incidents de la route impliquant des conducteurs mettant leurs immobilisations en cause appuie la nécessité de vérifier les impacts d'une IMS sur les capacités à conduire une automobile.

### **CHAPITRE 3 : RECENSION D'ÉCRITS**

Dans la recension d'écrits seront présentées les immobilisations orthopédiques, les types d'immobilisation du membre supérieur (IMS) et, plus spécifiquement, l'immobilisation brachio-anté-brachial (BAB) faisant l'objet de notre étude. Suivront les sous-sections traitant de la conduite automobile avec une IMS, les études d'évaluation de la conduite automobile (conduite sur route ou en circuit fermé) avec une IMS ainsi que l'évaluation de la conduite en simulateur de conduite automobile. Finalement, la dernière section porte sur la validation de simulateur de conduite automobile.

#### **3.0 Immobilisations orthopédiques**

Les immobilisations orthopédiques, couramment utilisées dans l'arsenal de traitement orthopédiques, sont des appareils provisoires servant à pallier les lacunes d'une partie anatomique à la suite d'un traumatisme subi par celle-ci (Lavabre et al. 2000). Il existe plusieurs sortes d'immobilisations orthopédiques selon le type et la qualité du matériel utilisé, qu'elles soient invasives ou non et en fonction de la partie anatomique immobilisée (Lavabre et al. 2000). Dans cet arsenal, on retrouve des orthèses et des prothèses (Lavabre et al. 2000).

Le terme orthèse est souvent utilisé pour faire référence aux immobilisations orthopédiques puisqu'elles sont principalement utilisées afin de maintenir immobile et en position fonctionnelle une région traumatisée contrairement aux prothèses qui elles, remplacent une partie du corps (Fabregas et al., 2009). Les orthèses servent à immobiliser et à aligner les articulations en conservant l'équilibre de fonctionnement malgré les contraintes tout en permettant généralement la poursuite de la réadaptation et le maintien de la force musculaire (Fabregas et al., 2009). Alors que les orthèses permettent de compenser, corriger ou rétablir une fonction biomécanique, les prothèses servent à remplacer un membre manquant.

Les immobilisations plâtrées ou tout simplement les plâtres sont des orthèses ayant des objectifs multiples dont la contention et l'immobilisation (Fabregas et al., 2009). Elles

permettent la consolidation d'une fracture ou la mise en repos, la protection d'une articulation ainsi que la correction d'une fracture ou d'une luxation. Cette immobilisation empêche tout mouvement de la partie du corps ou des articulations pour permettre une cicatrisation ou une consolidation de celles-ci (Foisneau-Lottin et al., 2011). Elles peuvent être réalisées par deux types d'appareillages selon une zone anatomique restreinte ainsi qu'un axe spécifique et fonctionnel : plâtre circulaire entourant complètement le membre ou l'attelle (gouttière) plâtrée recouvrant une partie d'un membre et soutenue à l'aide de bandages (Lavabre et al., 2000).

Ce projet de recherche vise plus particulièrement les immobilisations plâtrées circulaires longues. Elles consistent en une orthèse rigide en résine ou en plâtre de Paris servant à immobiliser une fracture du membre supérieur (radius distal ou os de l'avant-bras). Elles incluent les articulations sus et sous-jacentes (coude et poignet) pour éviter des déplacements. Bien qu'en général la durée d'une immobilisation peut varier de trois à douze (12) semaines, l'immobilisation plâtrée est habituellement utilisée sur une période moyenne de six semaines (pour les fractures simples, les entorses et les contusions) (Boyd et al., 2009; Lavabre et al., 2000).

### **3.1 Types d'immobilisations du membre supérieur (IMS)**

En ce qui a trait au membre supérieur, il existe différentes immobilisations variant selon le type d'affectation osseuse ou articulaire (fracture, luxation ou entorse) et l'emplacement de celle-ci. Trois types d'immobilisation sont couramment utilisés : anté-brachial, thoraco-brachial et brachio-palmar (brachio-antébrachio palmar) (Pitte, 2008).

#### ***3.1.1 Immobilisation anté-brachial (AB)***

L'immobilisation anté-brachiale (manchette plâtrée ou plâtre d'avant-bras ou anté-brachio-palmar) consiste en une immobilisation de l'avant-bras et de la main; elle part du coude et va jusqu'au poignet pour l'immobilisation du poignet et des carpes (voir figure 1). Elle est utilisée en présence d'une fracture des métacarpes ou du scaphoïde ou de la colonne du pouce. Elle peut aussi être utilisée pour une contention post-opératoire ou à la suite d'une contusion (Lavabre et al., 2000).



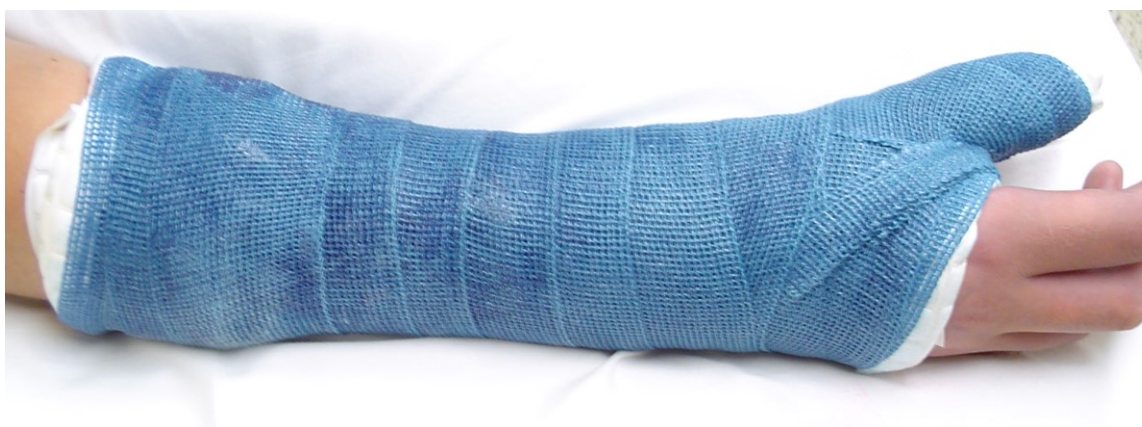
© Queen's University Technical Skills Program

Source: tiré de Queen's University School of medicine Cast application;

license selon le *Creative Commons Attribution Non-Commercial No*

*Derivatives*

Figure 1 : Immobilisation anté-brachio-palmaire



© Queen's University Technical Skills Program

Source: tiré de Queen's University School of medicine Cast application;

license selon le *Creative Commons Attribution Non-Commercial No*

*Derivatives*

Figure 2 : Immobilisation anté-brachio-palmaire avec moulage du pouce (thumb spica)



### **3.1.2 Immobilisation thoraco-brachial**

L'immobilisation thoraco-brachial (voir figure 3) part de l'épaule jusqu'au poignet incluant donc l'articulation de l'épaule, le coude à 90 degrés, l'avant-bras et la main (Pitte, 2008). Cette immobilisation est couramment utilisée lors de luxation de l'épaule ou rupture de la coiffe des rotateurs (Association des médecins d'urgence Hôpital Maisonneuve-Rosemont, 2006).



© Collège Lorrain de Médecine d'urgence

Source: tiré d'Appareil Thoraco-Brachial par Nelly Boutillier; license selon le *Creative Commons Attribution Non-Commercial No Derivatives*

Figure 3 : Immobilisation thoraco-brachial

### **3.1.3 Immobilisation brachio-antébrachio (BAB)**

L'immobilisation plâtrée BAB (voir figure 4) plus spécifiquement fait l'objet de cette étude et est expliquée de façon plus détaillée dans les paragraphes suivants.



©Marie Victoria Dorimain

*Source : photo prise pour le projet de recherche*

Figure 4: Immobilisation brachio-anté-brachial (BAB)

Les termes immobilisations brachio-anté-brachial (BAB), brachio-palmaire (BP) ou brachio anté-brachio-palmaire (BABP) sont utilisés à titre de synonymes. Ce type d'immobilisation se fait à partir des métacarpes jusqu'en dessous de l'épaule maintenant habituellement le coude à un angle de 90 degrés, le poignet en position neutre et l'avant-bras en supination (Rizzo et al., 2006). Tel que l'indique le tableau 1, l'immobilisation BAB est utilisée pour le traitement de diverses fractures, dislocations ou entorses au niveau du poignet, du coude, de l'avant-bras et du bras.

Tableau 1 : Régions anatomiques affectées justifiant une immobilisation plâtrée BAB

Région anatomique	Site du traumatisme	Incidence
<b>Poignet</b> (Scaphoïde, Colles, Smith, Barton et Hutchinson)	Radius distal Ulna distal	17% de toutes les fractures traitées dans le département des urgences d'hôpitaux (Hoynak, 2015); 75% de toutes les fractures du poignet (Hoynak, 2015); Et 15% de toutes les fractures musculo-squelettiques chez l'adulte (Nana et al., 2016).
<b>Coude</b>	Radius proximal (tête ou cou du radius) et Essex-Lopresti	30 à 56% des fractures du coude chez l'adulte (Sandstrom, 2015)
<b>Avant-bras</b>	Ulna proximal	48% des fractures du coude (Nishijima, 2016)
<b>Bras</b>	Humérus proximal	5% de toutes les fractures chez l'adulte (Frankel, 2017)
	Humérus distal (supra-condyloire)	3% des fractures chez l'adulte (Noffsinger, 2017),
	Humérus médial ou latéral	Moins de 5% de toutes les fractures de l'humérus distal (Kelly, 2012)

### **3.2 Conduite avec une immobilisation au membre supérieur (IMS)**

Dans cette section, les études répertoriées ont été classées selon qu'il s'agisse de sondages indiquant la proportion de patients conduisant avec une IMS, de temps écoulé avant le retour à la conduite automobile avec une IMS et d'avis d'experts sur la conduite automobile avec une immobilisation. Les avis d'experts font référence aux corps policiers et instance de régulation de permis, aux compagnies d'assurances automobile ainsi qu'aux professionnels médicaux (médecins et chirurgiens orthopédiques).

#### ***3.2.1 Sondages indiquant la proportion de patients conduisant avec une IMS***

Les études disponibles relatant le pourcentage de personnes conduisant avec un plâtre au membre supérieur sont restreintes; on retrouve entre autres une étude de Kalamaras (2006) où au moins 50% des patients conduisaient avec leur immobilisation ainsi qu'une étude dont les résultats ne sont pas publiés. Cette dernière a été réalisée à la clinique de fracture du Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de l'Estrie - Centre hospitalier universitaire de Sherbrooke (CIUSSS de l'Estrie-CHUS). Les résultats révèlent que parmi les patients interrogés, 80,8% de ceux ayant une immobilisation temporaire du membre supérieur ont conduit leur véhicule routier au moins une fois. Il s'agissait d'un questionnaire maison spécifique au membre supérieur ou inférieur et complété à la clinique par les patients lors du retrait de leur plâtre/immobilisation. Les données ont été recueillies de 2009 à 2011 et les résultats proviennent de 68 patients avec une immobilisation du membre supérieur (35,3% d'hommes et 64,7% de femmes avec une moyenne d'âge de 49,5 ans) et 78 avec une immobilisation du membre inférieur (51,3% d'hommes et 48,7% de femmes avec une moyenne d'âge de 50 ans). Pour le membre supérieur, 89,7% des répondants avaient un plâtre court (anté-brachial) alors que 9,9% de ceux-ci avaient un plâtre long (brachio-anté-brachial).

Dans l'étude de Kalamaras et al., (2006) réalisée en Australie, deux tiers des hommes et un tiers des femmes (la moitié des 168 patients immobilisés à un membre supérieur ayant répondu au sondage) ont mentionné avoir conduit au moins une fois avec leur immobilisation du membre supérieur et 22% ont conduit quotidiennement avec celle-ci.

Pour l'autre étude réalisée en Irlande, 61% des patients avaient une fracture au poignet, 15% des 118 patients interrogés (52,5% d'hommes et 47,5% de femmes) ont indiqué qu'ils conduisaient avec leur immobilisation (Kennedy et al., 2006). Au Royaume-Uni, dans une étude réalisée auprès de 144 patients traités avec des plâtres de type Colles ou du scaphoïde qui ont répondu à un questionnaire, seulement 9% ont mentionné conduire avec leur immobilisation anté-brachiale (Edwards, 2009).

Les études de Kennedy et al., (2006) ainsi que celle d'Edwards (2009), indiquent que le pourcentage de patients ayant mentionné conduire avec leur immobilisation est beaucoup plus faible en comparaison aux études de Kalamaras (2006) et de celle réalisée au CIUSSS-CHUS. Cette différence pourrait s'expliquer entre autres par le type d'immobilisation et le niveau de précision de l'immobilisation ciblée dans chacune des études. Par exemple, l'étude de Kalamaras (2006) indique une IMS, celle du CIUSSS-CHUS mentionne une IMS courte ou longue alors que les deux autres études spécifient fracture au poignet, plâtre de Colles ou du scaphoïde. Ces types d'immobilisations pourraient être plus limitatifs en ce qui a trait à la conduite automobile et donc, dû à l'insécurité perçue, plus de patients optent probablement de ne pas conduire avec ces immobilisations.

### ***3.2.2 Temps écoulé avant le retour à la conduite automobile avec une IMS***

Une étude de McClelland et al. (2005) réalisée en Australie auprès de patients ayant eu une chirurgie de décompression subacromiale arthroscopique indique que le temps moyen de retour à la conduite automobile est de 28,9 jours (2-120 jours).

Une autre étude réalisée aux États-Unis par Hasan et ses collègues (2016) compare la performance de conduite automobile en simulateur de 30 patients avant une arthroplastie de l'épaule, deux, six et douze semaines après l'opération. Les variables mesurées en simulateur étaient le nombre total de collisions, déviations latérales et conduites hors-route. Selon une échelle visuelle analogue, le niveau de douleur et l'indice d'invalidité ont été évalué également afin d'en déterminer l'impact sur la conduite. L'étude de Hasan et al. (2016) suggère que les patients retournent à leur niveau de conduite préopératoire six semaines après l'arthroplastie de l'épaule. À douze semaines post-opératoires, ceux-ci démontrent une

conduite améliorée par rapport à la conduite préopératoire. Une analyse multivariée des données a démontré que certains autres facteurs avaient un impact négatif sur la performance de conduite. Parmi ces facteurs on retrouvait : une augmentation de la douleur, être plus âgé et avoir moins d'expérience. À la lumière de ces données, les auteurs suggéraient donc que les cliniciens recommandent à leurs patients de retourner graduellement à la conduite automobile dans une fenêtre de six à douze semaines après la chirurgie. De plus, pour les patients plus âgés, ayant moins d'expérience de conduite ou ayant plus de douleur, les auteurs suggéraient davantage de retourner à leurs activités de conduite autour de douze semaines.

### ***3.2.3 La conduite automobile avec une immobilisation et les avis d'instances concernées***

Les études présentées proviennent de réponses à des questionnaires envoyés à différentes catégories d'instances concernées faisant référence aux avis des corps policiers et des instances de régulation des permis de conduire, aux suggestions et recommandations des compagnies d'assurances ainsi qu'aux avis des médecins et chirurgiens orthopédiques interrogés. La présentation de ces avis sert à évaluer si les suggestions de tous convergent vers une entente commune ou divergent selon la source de l'expertise.

#### ***3.2.3.1 Corps policiers et instances de régulation des permis de conduire***

Selon des publications du Royaume-Uni de Giddins et Hammerton (1996), Nunez et Giddins (2003), Hobman et Southern (2004), Edwards et al. (2009) et de France de Gonnelli (2011), lorsque l'on demande l'opinion de la police et des instances de régulation des permis de conduire, les écrits scientifiques disponibles actuellement montrent que ceux-ci croient que la responsabilité du conducteur est de démontrer qu'il est en contrôle de son véhicule et apte à la conduite automobile. Trois études du Royaume-Uni suggèrent que toute décision de conduire revient au conducteur et en cas d'accident, l'enquêteur devra démontrer que le conducteur était en contrôle du véhicule (Blair et al. [2001], Von Arx et al. [2003], Hobman et Southern [2004]). Aux États-Unis, il est de la responsabilité du patient de s'abstenir de conduire jusqu'à ce qu'il atteigne un niveau de confiance et de confort permettant une conduite sécuritaire (Goodwin et al., 2013).

Deux études provenant du Royaume-Uni, mentionnent que toute personne ayant une immobilisation à un membre devrait obtenir une autorisation médicale pour conduire. Selon ces études, en cas d'accident où l'immobilisation est en cause, la personne conduisant pourrait devoir répondre à des accusations de conduite dangereuse sauf avec un avis médical contraire (Kalamaras et al., 2006; Gandhi et al., 2014). La première étude qui a été réalisée en Australie indique qu'aucune loi ne stipule qu'il est illégal de conduire avec une immobilisation à moins de l'avis contraire d'un médecin. Avec un avis médical indiquant que le patient est apte à conduire, en cas d'accident, la responsabilité des conséquences revient au médecin ayant autorisé la conduite exposant ainsi celui-ci à de potentiels litiges. Dans la deuxième étude également réalisée au Royaume-Uni, 61% des répondants des instances policières ont mentionné que le patient peut seulement conduire avec une immobilisation s'il a obtenu la recommandation de son médecin traitant au préalable (Gandhi et al., 2014). À moins que le médecin traitant n'ait effectué une évaluation complète des capacités de conduite du patient, celui-ci devrait informer le patient qu'il est de sa responsabilité de s'assurer qu'il est apte à conduire. En résumé, si le médecin traitant ne peut effectuer une évaluation complète des capacités de conduite du patient, il doit l'informer que la responsabilité de s'assurer de son aptitude à conduire de façon sécuritaire lui revient à lui seul.

### *3.2.3.2 Compagnies d'assurance automobile*

Selon les études du Royaume-Uni de Blair (2001), Rees et Sharp (2002), Nunez et Giddins (2003) et Gandhi (2014) ainsi qu'une étude de l'Australie Kalamaras australie (2006), les compagnies d'assurance se fient à l'opinion médicale afin de déterminer si un patient devrait ou non conduire. Au Royaume-Uni, Giddins et Hammerton (1996) et Hobman et Southern (2004) indiquent que l'assureur se réserve le droit de refuser de couvrir tout cas où un patient conduisait en période de rétablissement avec une immobilisation à moins d'un avis médical contraire. Dans l'étude de Gandhi et al. (2014) réalisée au Royaume-Uni, 87% des compagnies d'assurances interrogées ont même mentionné qu'en cas d'accident d'un patient ayant conduit sans la recommandation de son médecin, celui-ci verrait sa police d'assurance invalidée. Toutefois, cette pratique contredit l'avis des corps policiers stipulant que la responsabilité de décider de conduire revient aux patients.

Par ailleurs, en France, en cas d'accident, l'assureur ne peut pas se dégager de son obligation de couvrir les éventuels dommages tels que le contractant les a souscrits; le conducteur doit toutefois faire attention aux exclusions de garantie prévues dans chaque contrat et s'en informer en conséquence (Gonnelli, 2011). Admettant que le patient se sente apte à conduire de façon sécuritaire et conduit prudemment, au Royaume-Uni, il agit légalement et devrait donc être couvert par sa compagnie d'assurance automobile (Nunez et Giddins, 2003).

### *3.2.3.3 Professionnels médicaux (médecins et chirurgiens orthopédiques)*

Selon le contexte d'origine des réglementations liées à la conduite automobile avec une immobilisation, les conditions médicales pouvant compromettre la conduite automobile sont des points d'inquiétude pour les médecins. Ceux-ci se retrouvent souvent dans une situation conflictuelle entre l'intérêt de leurs patients (relation de confidentialité) et leur devoir de préserver la sécurité publique. Cette obligation doit être proportionnelle aux risques réels et relatifs afin d'être justifiée et doit couvrir toute inaptitude pouvant représenter un risque pour la sécurité publique (Berger, 2000). Toujours selon l'étude de Berger (2000) publiée aux États-Unis, une violation de la confidentialité patient-médecin doit amener à des actions concrètes dans l'intérêt de la sécurité publique pour qu'elle soit justifiable éthiquement. En ce qui a trait à l'incapacité à conduire par rapport à la possibilité de briser la relation de confidentialité patient-médecin, les risques relatifs sont à évaluer en fonction de la chronicité ou non de l'affectation. Une incapacité temporaire aigue devrait donc être considérée différemment d'une incapacité permanente chronique.

Bien que les soucis de confidentialité et de sécurité publique ne soient pas nécessairement dichotomiques, il n'en est pas moins qu'il s'agit d'un poids professionnel majeur pour les médecins; souvent ceux-ci ne sont pas bien préparés pour évaluer l'aptitude du patient à conduire (Berger, 2000). Aux États-Unis, pour qu'un médecin déconseille la conduite automobile, le conducteur doit représenter clairement un danger à la sécurité publique et le professionnel doit être en mesure d'identifier et de documenter les incapacités liées à cette inaptitude à conduire (Chong et al., 2010).



Quand un médecin juge qu'un patient a le potentiel de conduire avec une immobilisation plâtrée, celui-ci doit reconnaître sa propre limitation en termes d'expertise et il doit se demander s'il a la formation nécessaire pour évaluer les aptitudes à conduire de son patient puisque celui-ci peut être amené à conduire autre chose qu'une automobile. De plus, celui-ci doit documenter son conseil et fournir une note à cet effet si la compagnie d'assurance demande des clarifications (Gandhi et al., 2014). En Irlande, si un patient a un accident mais qu'il a une note de son médecin le jugeant apte à la conduite automobile, la compagnie d'assurance exigera une explication du médecin traitant ayant rédigé la note quant à la validité de son opinion médicale (Kennedy et al., 2006). Les médecins devraient donc faire attention quand il s'agit de donner des avis médicaux à leurs patients en matière de conduite automobile avec une immobilisation (Giddins et Hammerton, 1996).

Selon Hobman au Royaume-Uni (2004), 33% des médecins généralistes croient que la responsabilité de déterminer quelle immobilisation est sécuritaire pour la conduite automobile leur revient. Von Arx et al. (2003) au Royaume-Uni suggèrent que plusieurs semblent donner à leurs patients des conseils inadaptés, contradictoires et qui ne sont pas basés sur des données probantes en ce qui a trait au retour à la conduite automobile; cette pratique les expose à de potentiels litiges. Les études auprès des orthopédistes au Royaume-Uni, aux États-Unis et en Irlande montrent que ceux-ci tendent à déconseiller à leurs patients de conduire avec leur immobilisation sans toutefois donner de directives spécifiques en lien avec les délais pour le retour à la conduite (Berger et al., [2000], Rees et Sharp, [2002], Hobman et Southern, [2004], Von Arx et al., [2004], Kennedy et al., [2006], Chen et al., [2008], Gandhi et al., [2014]).

Une étude réalisée en France sur la conduite automobile avec une incapacité à un membre supérieur recommande aux médecins de suggérer à leurs patients de s'abstenir de conduire en cas d'incapacité temporaire inférieure à six mois puisqu'ils peuvent être tenus responsables légalement en cas d'accident (Gonnelli, 2011). Selon une étude du Royaume-Uni, sachant que les professionnels médicaux ne peuvent pas toujours prédire le futur de la santé d'un individu, il est déconseillé à ceux-ci d'affirmer qu'un patient est apte à conduire (Nunez et Giddins, 2003).

En 2003, au Royaume-Uni, afin de s'informer des pratiques des médecins en termes de recommandation à la conduite automobile avec une immobilisation, Von Arx et al., ont envoyé une série de scénarios cliniques à des chirurgiens orthopédiques, à des compagnies d'assurances automobile et à des corps policiers. Leur étude a permis de confirmer qu'il règne de la confusion parmi les chirurgiens quand il s'agit de se prononcer sur les recommandations à faire en ce qui a trait aux problèmes musculosquelettiques nécessitant une immobilisation et les recommandations à donner sur la capacité à conduire. Toujours dans cette même étude, les auteurs concluent que, légalement, il revient au patient de décider s'il est apte à conduire avec son immobilisation ce qui implique que les compagnies d'assurances automobiles devraient arrêter de demander des avis de clarification aux médecins traitants.

Aux États-Unis, selon Chen et al., (2008), un pourcentage élevé (68%) des chirurgiens orthopédiques disent se sentir généralement inconfortable de dire à leurs patients quand ils peuvent conduire à nouveau et 78% croient que la décision de conduire revient aux patients. Dans une étude du Royaume-Uni de Rees et Sharp (2002), l'opinion des chirurgiens orthopédiques est divisée plus spécifiquement par rapport aux fractures du membre supérieur; les répondants devaient indiquer par oui ou par non si le patient était apte à conduire selon différents scénarios. Dès que 85% et plus des répondants choisissaient oui ou non pour un scénario, il était alors indiqué qu'il s'agissait d'un accord majoritaire. Par exemple, pour une fracture du radius ou de l'ulna nécessitant un plâtre BAB, les répondants ont indiqué majoritairement (97%) que le patient est inapte à conduire avec le plâtre. Toutefois, même avec une bonne préhension pour un plâtre au niveau de l'avant-bras 44% ont indiqué que le patient est apte à la conduite automobile en comparaison à 66% qui ont indiqué que non et donc, un accord majoritaire n'a pas été atteint puisqu'il fallait 85% pour une réponse ou une autre. Dans cette même étude, les orthopédistes s'entendent majoritairement pour dire que pour l'immobilisation du scaphoïde, de l'avant-bras et du bras, les patients sont inaptes à la conduite (Rees et Sharp, 2002).

Selon une autre étude du Royaume-Uni, 74% à 92% des chirurgiens orthopédistes indiquaient à leurs patients qu'ils sont inaptes à la conduite automobile avec une immobilisation anté-brachiale du membre supérieur (Edwards, 2009). De plus, une étude réalisée aux États-Unis par le département de chirurgie orthopédique du centre médical Beth Israel Deaconess visant à formuler un ensemble de lignes directrices pour le retour à la conduite automobile a trouvé qu'une majorité de 68% des chirurgiens orthopédiques recommandait à leurs patients de pratiquer la conduite automobile avec leur immobilisation dans un stationnement jusqu'à ce qu'ils se sentent confortables de conduire avant de prendre la route (Chen et al., 2008).

Par ailleurs, dans une lettre à l'éditeur destinée à répondre à l'étude de Von Arx et al. (2003), Michael A. L. R. (2004) recommande aux médecins de suggérer à leurs patients de suivre des cours de conduite avec un instructeur et de laisser l'instructeur décider s'ils sont sécuritaires pour conduire ou non avec leur immobilisation. En effet, Von Arx (2004) considère quant à lui qu'en l'absence de test valide et standardisé, il est controversé de décider de l'aptitude à conduire du patient et que la décision finale devrait revenir au patient. L'auteur mentionne également dans cet article de considérer l'option de faire appel à des instructeurs ainsi qu'à des simulateurs de conduite pour évaluer la conduite automobile afin de permettre une prise de décision éclairée en lien avec la sécurité de conduire avec une immobilisation. Rees et Sharp (2002) recommandent de réévaluer systématiquement l'aptitude à la conduite automobile avant de recommencer à conduire. Cette suggestion de Rees et Sharp (2002) pourrait poser certains problèmes éthiques dont la possibilité d'une perception d'injustice en lien avec les standards à atteindre par les patients immobilisés en comparaison au reste de la population. Par exemple, à quelle fréquence faudrait-il évaluer et réévaluer l'aptitude à la conduite de chaque patient immobilisé considérant que le reste de la population n'ont pas l'obligation d'évaluation répétée? Il serait probablement préférable de proposer aux patients immobilisés une évaluation de la conduite par un instructeur, mais en simulateur à six et douze semaines à partir du moment de l'immobilisation. Si le test est réussi la première fois, le patient peut s'adonner à ses activités de conduite. Cependant, si celui-ci échoue l'évaluation, il pourra alors refaire une autre à douze semaines.

La formulation de politiques spécifiques basées sur des paramètres tel que le temps écoulé après la blessure n'est probablement ni pertinent ni utile considérant les variations individuelles d'un patient à l'autre en termes de degré de blessure et de capacités générales (Chen et al., 2008). Aux États-Unis, selon Sandvall et Friedrich (2014), il existe une différence entre déclarer qu'un patient est « apte à conduire » et énoncer qu'il ne semble pas avoir de « facteurs en lien avec la santé du patient le rendant inapte à la conduite automobile » puisque déclarer qu'un patient est apte à conduire indique qu'il y a eu des tests cliniques sur simulateur ou sur la route qui ont été effectués ce qui n'est pas toujours possible dans un environnement clinique traditionnel. Ceci implique qu'un chirurgien orthopédique peut être en mesure de déterminer quand un membre fracturé peut résister aux exigences de la conduite automobile; toutefois, celui-ci n'est pas qualifié pour prendre la décision finale sur les capacités générales du patient à conduire considérant les aspects multi-systémiques que requièrent les tâches de la conduite automobile (Chen et al., 2008). L'aptitude à conduire requiert beaucoup plus que la capacité de freinage mesurée par le temps de réaction au freinage; plusieurs autres facteurs y contribuent dont le temps de transfert du pied, les capacités visuelles, la vigilance et la perception spatiale et temporelle. La conduite réelle est compliquée et impliquent beaucoup de potentiel de distraction (cellulaire, consommation de nourriture ou de boisson, écouteurs, musique, maquillage, rasage, etc.) ainsi que des aptitudes cognitives et physiques (Roberts Craig, 2016).

Dans leur éditorial, aux États-Unis, Roberts Graig et Protzer Lauren (2016) ont présenté aux chirurgiens orthopédiques un résumé des résultats et suggestions des dernières publications en lien avec la conduite automobile à la suite d'une blessure musculosquelettique. Selon les auteurs, il est difficile pour ces professionnels de répondre de façon rationnelle à la question de retour à la conduite automobile. Ils ne peuvent porter les différents chapeaux qui sont attendus d'eux : scientifique, guérisseur, motivateur, chirurgien, examinateur d'invalidité, agent de sécurité publique et d'expert médico-légal. Qu'il s'agisse de conduire une voiture, un scooter ou faire du vélo, la conduite d'un véhicule est considérée par beaucoup comme un élément essentiel de la vie moderne, soit un droit, un privilège ou une question de survie.

Les auteurs Roberts Graig et Protzer Lauren (2016) suggèrent un plan d'action selon quatre points : 1) Les chirurgiens orthopédistes devraient développer une politique interne spécifique à leur cabinet de pratique en lien avec le retour à la conduite automobile. Cette politique devrait toutefois spécifier qu'il ne s'agit pas de recommandations indiquant quand retourner à la conduite automobile, mais plutôt des indications quand les patients ne devraient pas conduire. De plus, il devrait y être spécifié que la décision finale de conduire revient au patient; 2) Afin d'évaluer leur capacité à retourner à la conduite automobile, il devrait être recommandé au patient de faire une autoévaluation de la conduite dans un stationnement accompagné d'un membre de la famille. Cette autoévaluation devrait inclure des arrêts brusques avec freinage et changement soudains de direction; 3) Si le patient est un cas particulier ou que sa profession implique la conduite d'un véhicule routier, il devrait avoir recours à un test de conduite formel d'un bureau de permis de conduire; et 4) Il est important d'indiquer dans les recommandations de respecter les lois et règlements locaux qui s'appliquent à la conduite d'un véhicule routier. Évidemment, ces recommandations ne sont pas valides au Québec puisqu'il y a l'article 33 de la cinquième section du règlement québécois sur les conditions d'accès à la conduite d'un véhicule routier relatives à la santé des conducteurs. Celui-ci stipule entre autres que l'immobilisation d'un membre est incompatible avec la conduite d'un véhicule routier à moins de démontrer à la satisfaction de la Société de l'assurance automobile du Québec qu'elle peut conduire de façon sécuritaire un véhicule routier correspondant à la classe de permis en cause ou à la classe qu'elle désire obtenir. Bien qu'il ne soit pas spécifié, pour démontrer de façon satisfaisante les capacités de conduire de façon sécuritaire avec l'immobilisation, présentement, le standard est une évaluation de la conduite automobile par une ergothérapeute spécialisée à cet effet.

Il est important de noter qu'en 2004 a eu lieu le seul accident mortel répertorié au Québec impliquant un conducteur avec une immobilisation (au membre inférieur). Trois jeunes y ont perdu la vie après que l'automobile (véhicule routier) dans lequel ils se trouvaient ait percuté un poids lourd; l'immobilisation au pied droit du conducteur a été mise en cause et a suggéré un besoin de législation sur le sujet (Bureau du coroner de Québec, 2014). Une étude expérimentale réalisée au CIUSSS-CHUS auprès de 48 participants sains âgés de 25 à 60 ans a conclu que certains types d'immobilisations du membre inférieur (botte de marche et

Aircast) augmentaient statistiquement les temps de freinage d'urgence ( $p < 0.0001$ ) lors de tâches en simulateur de conduite. Cependant, les différences montrées étaient négligeables au point de vue clinique entre autres à cause des paramètres strictes de recrutement de participants sains et jeunes qui diminuaient la possibilité de généralisation des résultats. De plus, dans cette étude, seulement l'immobilisation au pied droit a été évaluée pour une conduite simulée et l'aménagement modeste du simulateur (ajustement du volant et du siège diminuait le niveau de confort) rendait la conduite inconfortable ce qui a d'emblée diminué les performances de conduite (Tremblay et al., 2007).

Tel que mentionné précédemment, au Canada, il existe un guide de conduite élaboré par l'Association médicale canadienne (Canadian Medical Association (CMA), 2017) pour aider les médecins dans leurs démarches en ce qui a trait aux suggestions à faire à leurs patients pour la conduite automobile avec une incapacité permanente ou temporaire. Pour évaluer l'aptitude à conduire, il convient de souligner qu'à l'exception des restrictions temporaires pour des situations médicales à court terme, le médecin n'est pas tenu de déterminer si une licence sera accordée ou suspendue. La responsabilité du médecin est de décrire la situation et c'est à l'autorité de délivrance de permis que revient la décision fondée sur les observations du médecin, son interprétation des règlements et les autres informations disponibles (CMA, 2017).

Bref, il n'y a pas de consensus en ce qui a trait aux divers avis d'experts que ce soit en termes d'implications légales ou de responsabilité décisionnelle sur la conduite automobile avec une IMS. Bien que les corps policiers et les instances de régulation du permis s'entendent pour dire que le conducteur seul est responsable de décider s'il est apte à conduire, les compagnies d'assurances semblent se fier à des avis médicaux indiquant l'aptitude du conducteur face à la conduite automobile. En concordance, les médecins qui conseillent leurs patients sur leur aptitude à la conduite automobile s'exposent à des représailles légales en cas d'accident où l'immobilisation pourrait être mise en cause.

Alors que partout ailleurs la décision de conduire avec une immobilisation revient au conducteur, au Québec, il est interdit de conduire avec une immobilisation qu'elle soit

temporaire ou permanente avant d'obtenir un rapport d'évaluation d'aptitude à conduire d'un ergothérapeute qualifié en la matière. À cet effet, y a-t-il des études expérimentales qui démontrent qu'effectivement la conduite automobile avec une immobilisation du membre supérieur ou inférieur est incompatible avec la conduite automobile?

### **3.3 Études expérimentales sur l'évaluation de la conduite automobile avec une IMS**

Dans cette section, les études expérimentales seront présentées en deux sous-sections : l'évaluation de la conduite automobile sur route ou en circuit fermé et l'évaluation de la conduite en simulateur de conduite automobile. Cette distinction est établie afin de mieux faire ressortir les similitudes et différences entre les études répertoriées. De plus, une section sur l'utilisation du simulateur de conduite permet au lecteur de mieux comprendre son utilisation.

#### ***3.3.1 Évaluation de la conduite sur route ou en circuit fermé***

Dans une étude réalisée au Royaume-Uni, six participant(e)s sains, âgés de 27 à 43 ans (moyenne d'âge de 36 ans) portant trois différents types d'immobilisations (brachio-palmaire, anté-brachial neutre et anté-brachial incorporant le pouce [Bennett]) aux membres supérieurs droits et gauches. Chaque participant a été assigné au hasard six immobilisations différentes du membre supérieur qui ont été appliquées et vérifiées par du personnel médical indépendant qualifié. Les participants effectuaient des tests de conduite sur route alors qu'ils étaient évalués par un ergothérapeute et un instructeur de conduite automobile dans le cadre d'un test formel de conduite (Stevenson et al., 2003).

Conformément aux normes de réussite ou d'échec du test de conduite officiel du Royaume-Uni, l'évaluateur déterminait le résultat pour chaque participant et chaque test. De plus, l'ergothérapeute évaluait globalement le contrôle du véhicule en accordant une note d'un à quatre pour les tâches individuelles de conduite dont les changements de vitesse, la signalisation, le pilotage et la négociation des ronds-points. Un total de 31 sur 36 tests a été réussi suggérant que la plupart des participants étaient capables de conduire de façon sécuritaire avec une IMS à l'exception d'une immobilisation au-dessus du coude gauche qui

a été considérée comme étant non-sécuritaire ( $p \leq 0,05$ ). En effet, l'évaluation clinique de l'ergothérapeute spécialisé en mobilité a montré une différence significative entre le pointage obtenu pour l'immobilisation au-dessus du coude gauche en comparaison à toutes les autres immobilisations.

Bien qu'il n'y ait pas eu d'impact des immobilisations en dessous du coude sur la performance de conduite, ces résultats correspondent partiellement à ceux d'une autre étude réalisée aux États-Unis. Dans celle-ci, 30 officiers sains âgés de 21 à 47 ans (âge moyen de 27 ans), en formation pour devenir policiers portant différents types d'IMS ont exécuté un parcours de conduite en circuit fermé avec des cônes (Chong et al., 2010). Les résultats de cette étude indiquent que la performance de conduite était significativement diminuée avec une IMS gauche de type attelle au-dessus du coude incluant le pouce ( $p < 0,001$ ) et en-dessous du coude ( $p = 0,007$ ). Pour la portion du circuit de conduite en ligne droite, une tendance de la baisse de performance a été observée pour toutes les attelles mais la pire performance était pour l'attelle au-dessus du coude du côté gauche. L'étude de Chong a également indiqué que les participants percevaient une difficulté accrue (médiane de 8,0 sur 10) et un faible niveau de sécurité (médiane de 3,0) en lien avec la conduite automobile avec l'attelle au-dessus du coude du côté gauche.

Au Royaume-Uni, dans une étude évaluant différents types d'immobilisations en-dessous du coude (Colles, scaphoïde et Bennett's), différentes variables ont été évaluées par un test de conduite sur route selon un système de pointage à trois points pour chaque critère d'évaluation avec un total de 18 points (changement de vitesse, contrôle du volant, conduite à reculons, contrôle du frein à main, de la signalisation et du klaxon ainsi que conduite en ville (Blair et al., 2001). Deux des trois types d'immobilisations influençaient significativement les capacités à conduire de façon sécuritaire; l'immobilisation de Bennett du côté gauche (12 sur 18) et l'immobilisation du scaphoïde du côté gauche (13 sur 18) généraient le plus de limitations pour la conduite automobile. Toutefois, l'immobilisation de Colles du côté droit avait peu d'effet sur la capacité de conduire (18 sur 18). À la suite de ces résultats, les auteurs suggèrent que le degré de flexion au niveau du poignet, la direction assistée du véhicule, la configuration de l'emplacement des éléments de signalisation, la



douleur et la prise d'analgésiques sont tous des facteurs susceptibles d'affecter la capacité de conduire.

Une étude de conduite sur route réalisée en Australie auprès d'un seul sujet comparait l'absence d'immobilisation au port d'immobilisation plâtrée courte et longue sur la performance de conduite (Kalamaras, 2006). Un instructeur de conduite ainsi qu'un ergothérapeute évaluaient la conduite du sujet par l'intermédiaire d'une grille d'observation. Le participant a échoué les tests de conduite de l'instructeur lorsqu'il portait les deux types d'immobilisation. Il a également échoué l'évaluation de l'ergothérapeute pour le port d'une immobilisation longue, mais l'a réussi pour le port d'une immobilisation courte à droite et à gauche. À titre explicatif, l'auteur mentionne que pour réussir le test de conduite de l'instructeur, il est nécessaire d'avoir les deux mains sur le volant en tout temps à moins de changer de vitesse. Lors des virages et de stationnement à reculons, il est impossible de saisir le volant adéquatement avec le plâtre; la diminution d'amplitude de mouvement au poignet force le sujet à relâcher le volant quand celui-ci tourne. Ces manœuvres (virages, et stationnement de reculons) ont tellement été affectées par le port d'une longue immobilisation plâtrée que l'ergothérapeute a jugé qu'il en était dangereux pour le conducteur.

Dans une autre étude de Jones et al. (2016) réalisée aux États-Unis, vingt participant(e)s sains ont complété dix fois un circuit fermé de conduite délimité par des cônes. Les participant(e)s portaient de façon aléatoire quatre types différents d'IMS du côté droit et gauche (plâtre anté-brachial incluant le pouce en fibre de verre spica, plâtre anté-brachial en fibre de verre, attelle anté-brachial incluant le pouce et attelle anté-brachial du poignet). Les auteurs voulaient évaluer les effets d'attelles préfabriquées moins rigides qui sont couramment utilisées pour immobiliser le poignet et valider s'il y a une différence entre les attelles préfabriquées et les plâtres de fibre de verre avec ou sans le pouce. La première et la dernière fois dans le circuit ont été effectuées sans immobilisation afin de servir de contrôle. La performance de conduite était évaluée par un instructeur de conduite certifié selon un barème de réussite ou d'échec, le nombre de cônes touchés ou renversés, temps de parcours et l'auto-perception de difficulté de conduite par les conducteurs selon une échelle analogue. Le plus grand nombre d'échecs

évalués par l'instructeur est survenu avec une immobilisation plâtrée spica (incluant le pouce) au bras droit ( $p=0,02$ ) et au bras gauche ( $p=0,049$ ). L'immobilisation plâtrée spica du bras droit avait la difficulté perçue la plus élevée ( $p<0,001$ ). Toutes les formes d'immobilisation ont augmenté de façon significative la difficulté perçue en comparaison au contrôle à l'exception de l'attelle anté-brachial du côté gauche. Aucune différence significative n'a été observée en ce qui a trait au nombre de cônes touchés ou renversés et le temps de conduite en comparant les essais de contrôle et la conduite avec une immobilisation. Les auteurs suggèrent que les conducteurs devraient faire preuve de prudence lorsqu'ils conduisent avec une ou l'autre des immobilisations du membre supérieur évaluées dans l'étude. Une immobilisation plâtrée spica du côté gauche et droit a entraîné une perte de contrôle du véhicule. Ils déconseillent la conduite avec une immobilisation spica (incluant le pouce) anté-brachial du côté droit ou gauche.

En résumé, selon les écrits scientifiques, l'immobilisation au-dessus du coude, plus fréquemment du côté gauche, semble avoir des effets limitatifs sur les performances évaluées en conduite sur route. Également, certains types d'immobilisation courte (en-dessous du coude ou anté-brachial) dont l'attelle de Bennett semblent également affecter les performances de conduite sur route. De plus, les immobilisations anté-brachiales incluant le pouce diminuent significativement la performance de conduite automobile et entraînent davantage de perte de contrôle du véhicule, plus particulièrement du côté gauche. Cela pourrait s'expliquer par une moins bonne préhension considérant que l'immobilisation inclue le pouce sachant qu'une bonne préhension est tributaire d'un meilleur contrôle et d'une meilleure capacité à manipuler le volant du véhicule (Bassolino et al., 2012). L'étude de Jones et al. (2016) suggère que tous les types d'immobilisations du membre supérieur évaluées ont un impact significatif sur la conduite automobile et plus spécifiquement l'immobilisation spica (incluant le pouce) anté-brachial du côté droit ou gauche.

### ***3.3.2 Évaluation de la conduite simulée***

#### ***3.3.2.1 Simulateur de conduite***

L'évaluation sur route est le standard pour la conduite automobile et représente beaucoup d'avantages car elle se fait selon un contexte de conduite réelle (Shechtman et al., 2009). Toutefois, celle-ci présente aussi plusieurs limitations puisqu'elle requiert du temps et de l'organisation, n'est pas toujours sécuritaire, est généralement coûteuse (assurance, voiture de location ou développement de cours) et peut mener à des évaluations dans des situations de conduite plus dangereuses (Shechtman et al., 2009). Également, les évaluateurs ne contrôlent pas nécessairement les conditions environnementales telles que la lumière du jour ou la température ou des tâches spécifiques telles que le trafic ou les piétons. De plus, la conduite sur route peut poser des problèmes éthiques en lien avec la sécurité du patient, des passagers, des piétons ou tout autre usager de la route (Shechtman et al., 2009).

L'évolution rapide de la technologie électronique et informatique a rendu possible les simulateurs de conduite en laboratoire et ce, à moindre coût (Lee, H. C et al. 2003). Ceux-ci constituent un moyen sécuritaire et économique pour évaluer la performance de conduite. Les simulateurs de conduite permettent d'évaluer les comportements dangereux et risqués des conducteurs pouvant potentiellement avoir des répercussions néfastes (Lee, H. C et al. 2003).

Par ailleurs, les simulateurs de conduite constituent une méthode pratique et sécuritaire pour évaluer les comportements des conducteurs au-delà des évaluations cliniques hors-route (Mayhew et al. 2011). Les conducteurs à risque de collision peuvent être évalués dans des conditions sécuritaires durant lesquelles des erreurs de conduite peuvent survenir sans danger réel pour la vie ou la propriété. De plus, les simulateurs de conduite permettent l'évaluation d'une multitude de situations de conduite spécialement celles comportant des dangers ou étant physiquement menaçantes en situation réelle (Shechtman et al., 2009). Ils favorisent l'évaluation sous des conditions contrôlées et répétables en plus de l'acquisition efficace de données ce qui fait d'eux des outils efficaces de recherche et d'évaluation (Shechtman et al., [2009], Hauret et al., [2010]).

Plusieurs études ont conclu que les simulateurs de conduite peuvent fournir des indices exacts des comportements et de l'attitude des conducteurs (Lee, H. C. et al. 2003). Les chercheurs sont toutefois en désaccord pour dire que les simulateurs de conduite automobile sont des prédicteurs valides et fiables des performances de conduite sur route (Schechtman et al., 2009). Ainsi, pour améliorer la précision des évaluations, les simulateurs de conduite doivent être validés avant d'être utilisés pour l'évaluation de la conduite automobile et/ou l'entraînement (Schechtman et al., 2009).

Selon Molino et ses collègues (2005), la simulation est un extrait ou une infime partie de la réalité transformant toute la complexité du monde réel en un aspect plus spécifique sans tenir compte de plusieurs autres éléments; même le simulateur le plus performant incorporant du mouvement ne pourra jamais reconstituer exactement l'expérience de conduite réelle sur route. Dans les simulateurs, l'environnement de conduite est plus simple et la quantité d'informations à analyser par le conducteur est moindre (Green, 2005). Toutefois, puisque chaque simulateur reproduit un élément spécifique d'une situation réelle, la validité d'un simulateur est dépendante même du simulateur en question et des tâches spécifiques (Schechtman et al., 2009).

Il existe plusieurs études fournissant des preuves de validité en comparant la performance de conduite sur route avec l'évaluation de tâches spécifiques sur simulateur (tel que le temps de freinage). La mesure étalon pour la validation de tâches spécifiques implique la comparaison de la conduite sur route à la conduite en simulateur pour une tâche de conduite spécifique (valider le comportement d'un conducteur dans un simulateur comparé à la performance de conduite sur route) (Mayhew et al., [2011], Schechtman et al., [2009]).



©Marie Victoria Dorimain

Source : photo prise dans le cadre du projet de recherche

Figure 5 : Exemple de simulateur de conduite utilisé au CIUSSS-CHUS de Fleurimont

### 3.3.2.2 Validation de simulateur de conduite

Dans les études de validation de simulateurs de conduite, l'accent est soit mis sur la réponse du véhicule dont la responsabilité revient aux concepteurs de simulateur (c'est-à-dire la validité interne – *vehicle dynamics, physical validity or intrinsic validation*), soit sur la réponse du conducteur où le simulateur devient un outil pour étudier le comportement du conducteur (c'est-à-dire la validité externe – *driver response validity, behavioral validity, validation by objective or external validity*) (Schechtman et al., 2009).

La validité externe du simulateur peut être absolue : même effet d'échelle en simulateur que sur la route; par exemple, quand il y a absence de différence significative entre la vitesse observée sur route et la vitesse sur simulateur (Schechtman et al., 2009). La validité externe peut aussi être relative : même tendance observée sur route et sur simulateur; par exemple, la vitesse de conduite simulée est réduite davantage que lors de la conduite sur route à l'approche de signalisations de la route (Schechtman et al., 2009).

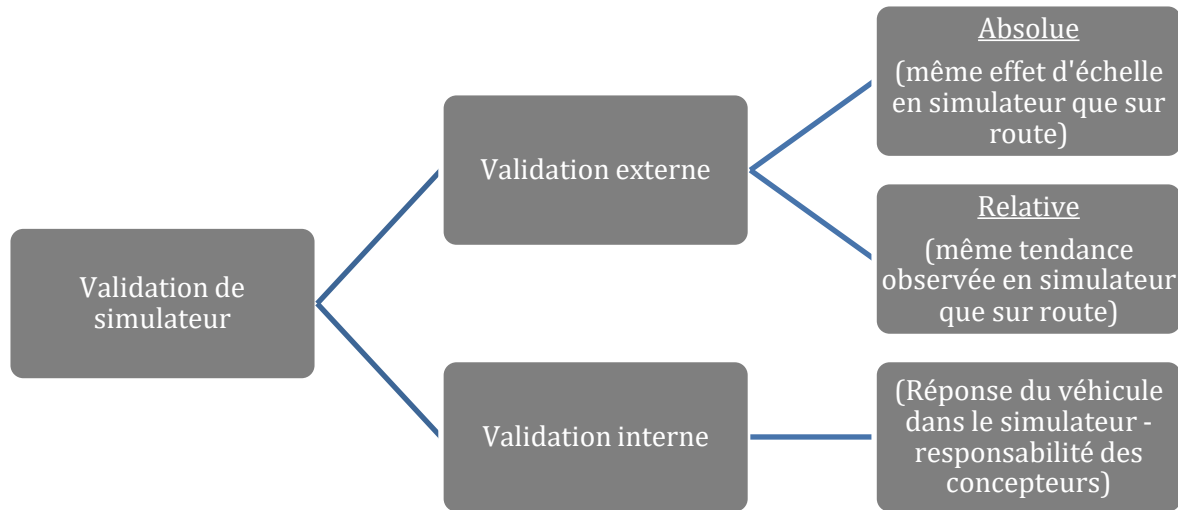


Figure 6 : Validation d'un simulateur

La controverse dans les écrits scientifiques en lien avec la validation des simulateurs de conduite provient surtout de l'utilisation de technologies différentes par les chercheurs, mais également en ayant différents types et marques de simulateur, de tâches de conduites et de participants (Reimer et al., 2006). Les limites de conception de recherche fréquentes incluent : une petite taille d'échantillon réduisant la puissance de l'étude, l'étude de tâches spécifiques et simples ne reflétant pas la complexité de la réalité, la comparaison de conduite sur route avec la conduite en simulateur sans reproduire la géométrie graphique dans le simulateur et le recours à des participants différents pour la conduite sur route et la conduite en simulateur (Schechtman et al., 2009).

Le but de l'étude de Schechtman et de ses collègues (2009) était d'évaluer la validité de réponse afin de déterminer si les réponses comportementales du conducteur en situation de conduite sur route étaient similaires à celles de la conduite en simulateur. Cette approche nécessitait donc 1) de reproduire graphiquement les éléments de contrôle du trafic et tout le visuel en lien avec les intersections dans le simulateur, 2) d'évaluer la performance de conduite automobile des mêmes participants pour le simulateur et la conduite sur route à l'intérieur d'une période de 3 mois, 3) d'analyser une performance de conduite générale

plutôt qu'une tâche spécifique et 4) d'avoir recours à des évaluateurs de la conduite automobile qualifiés pour identifier des erreurs de conduite sur la route et en simulateur.

Dans cette étude de Schechtman, la validité absolue et relative du simulateur STISM M500W a été évaluée en comparant le nombre et le type d'erreurs de conduite commis par le conducteur lors d'un virage à gauche et à droite en situation de conduite sur route (durée de 1h00) et en simulateur de conduite (15 minutes). L'échantillon de participants consistait en 20 jeunes conducteurs âgés entre 25 et 45 ans et 19 conducteurs âgés entre 65 et 85 ans. Le logiciel de simulateur de conduite haute-fidélité, STISM M500W, était intégré à un vrai véhicule projetant la simulation sur un panneau à trois écrans selon un champ de vision de 180 degrés avec la taille de l'image à 100%. Le parcours consistait en un ensemble de rues résidentielles et urbaines utilisant les données de deux intersections mesurant : vitesse, maintien de la voie, signallement, balayage visuel, ajustement aux stimuli, positionnement antéro-postérieur du véhicule. Chaque conducteur effectuait deux virages à droite et deux virages à gauche soit 78 points de données par manœuvre. Les feuilles d'évaluation étaient faites spécifiquement pour la capture d'erreurs de conduite des conducteurs en négociant ces intersections.

Pour la somme d'erreurs, il n'y a pas eu de différence significative au niveau des interactions se traduisant par la validité relative (validité externe) du simulateur. Toutefois, significativement plus d'erreurs ont été commises sur la route que sur le simulateur ce qui indique qu'il n'y a pas de validité absolue du simulateur. Selon les auteurs, ceci pourrait s'expliquer par le fait que, dans l'étude, la conduite sur route était quatre fois plus longue que la conduite en simulateur ce qui a pu générer de la fatigue et ainsi occasionner plus d'erreurs. Les auteurs suggèrent également que la petite taille de l'échantillon pourrait avoir nuit à la puissance statistique de l'étude. Par ailleurs, un plus grand nombre d'erreurs a été commis durant le virage à gauche en comparaison au virage à droite en ce qui a trait à la conduite sur route et à la conduite en simulateur, ce qui suggère que le simulateur de conduite reproduit les erreurs vues sur la route (validité externe). En somme, les auteurs ont pu démontrer la validité externe relative du simulateur, mais pas la validité externe absolue de celui-ci.

considérant que la validité absolue existe quand il n'y a pas de différence significative au niveau des effets principaux entre la conduite sur route et la conduite en simulateur.

Dans une autre étude, Mayhew et ses collègues (2011) visaient : 1) à établir la validité externe d'un simulateur de conduite pour mesurer les aptitudes de conduite (à quel point la conduite sur route s'apparente à la conduite en simulateur) ainsi que la performance de conduite en simulateur et sur route en termes de niveau d'expérience (discriminer au niveau de l'expérience et des aptitudes de conduite) et, 2) à déterminer s'il existe des différences significatives de validité entre deux versions du simulateur (écran simple et écran triple). Puisque les résultats ont suggéré qu'il n'y a pas de différence significative et consistante au niveau des deux versions, les résultats présentés ont été regroupés dans les deux.

Pour le premier objectif de l'étude, 57 participants (28 hommes et 29 femmes) de 16 ans d'âge moyen ont été évalués par des évaluateurs de conduite qualifiés pour la conduite sur route et sur simulateur. Il s'agissait de détenteurs du permis d'apprenti conducteur depuis trois à neuf mois et demi (durée moyenne de cinq mois) et ayant conduit en moyenne 37,5 heures donc cinq heures et demie par semaine. Le test de conduite sur route ressemblait à l'évaluation de conduite pour l'obtention du permis de conduire du *Manitoba Public Insurance* (MPI) et durait en moyenne 15 minutes. Celui-ci incluait plusieurs intersections, des virages à droite (huit au total) et à gauche (dix au total), des passages de piétons et une vitesse maximale de 50 km/h sauf dans une section de pont où la vitesse était de 60 km/h. Le test de conduite sur simulateur devait répliquer le test de conduite sur route (la conduite a été filmée afin de permettre sa reproduction sur le simulateur le plus exactement que possible en considérant les signalisations routières, immeubles, passages, etc.). De plus, 15 scénarios d'anticipation du hasard ont été créés afin de s'assurer que le conducteur prenne conscience de son environnement et réagisse de façon appropriée à ces éléments (par exemple, ralentir à l'approche d'un autobus laissant descendre des passagers).

Un protocole de notation basé sur la modification de celui utilisé par le MPI a été développé pour mettre l'accent sur les erreurs pertinentes à la conduite sur route et en simulateur; il comprenait dix différentes catégories (dont vitesse et virage) soient 33 scénarios de conduite



possibles (dont arrêt trop brusque et virage trop prononcé). Un sujet pouvait avoir jusqu'à 165 erreurs en plus de l'identification et de la réaction aux éléments du hasard. Également, il était possible de mesurer des erreurs de conduite directement à partir de l'ordinateur dont excès de vitesse ou infraction aux feux de circulation.

Les résultats ont démontré que le simulateur est plus sensible pour détecter les déviations de voie que l'évaluateur lors de la conduite sur route et en simulateur (moyenne d'erreurs détectées – simulateur : 22,3; évaluateur de conduite simulée : 17,2 et évaluateur de conduite sur route : 9,6). De façon générale, les données indiquent qu'il y a une cohérence entre les erreurs observées lors de la conduite sur route et en simulateur ( $p < 0,01$ ) ce qui suggère qu'il existe une relation positive entre la performance indiquée par les erreurs notées par les évaluateurs lors de la conduite sur route et en simulateur. Une corrélation significative a été observée pour ce qui est de l'anticipation des éléments du hasard en ce qui a trait à la conduite sur route et en simulateur.

Pour répondre aux deuxième objectif, consistant à déterminer si le simulateur était assez sensible pour reconnaître un conducteur novice d'un conducteur expérimenté, 90 participants ont été recrutés soient 30 conducteurs débutants (aucune ou peu d'expérience de conduite automobile), 28 apprentis conducteurs (détenteurs d'un permis d'apprentis conducteurs) et 32 conducteurs expérimentés (aucune suspension, annulation ou révocation de permis de conduire dans les cinq dernières années selon l'information validée par le MPI). Les participant(e)s avaient cinq minutes pour se familiariser avec le simulateur suivi de l'évaluation de la conduite en simulateur d'une durée de quinze minutes. Les résultats suggèrent qu'il existe systématiquement une relation entre le nombre total d'erreurs et l'expérience de conduite (une expérience de conduite plus élevée était associée à moins d'erreurs de conduite : débutants = moyenne de 27,5 erreurs; apprentis = moyenne de 22,7 erreurs et expérimentés = 13,2 erreurs). Les différences entre les groupes étaient statistiquement significatives : débutants vs apprentis  $p=0,04$ ; apprentis vs expérimentés  $p<0,001$ . Donc, cette étude suggère que le simulateur discrimine entre différents niveaux d'expérience de conducteurs et peut être une mesure valide des aptitudes de conduite. Donc, ce simulateur démontre une bonne validité externe relative.

Une étude de Lee, H. C. et ses collègues (2003) visant à valider un simulateur de conduite sur la mesure prédictive de la performance de conduite sur route a recruté 129 participants volontaires âgés entre 60 et 88 ans (moyenne = 72,9; écart type = 7,1) n'ayant pas plus de cinq points d'inaptitudes dans les deux dernières années. La durée totale de l'évaluation était de deux heures et demie incluant l'accueil, 45 minutes de conduite simulée et 40 minutes de conduite sur route. Le simulateur de conduite STISIM a été utilisé pour évaluer la conduite sécuritaire des participant(e)s. La programmation était telle que les participants devaient réaliser différentes tâches impliquant plusieurs scénarios de signalisation de conduite automobile servant à déterminer les aptitudes reliées à la conduite ainsi que les aptitudes visuelles et de perception.

Un ensemble de dix critères d'évaluation simulée a été développé pour jauger la performance de conduite. Par exemple, le respect des panneaux de signalisation incluait des comportements tels que : céder le passage, arrêter aux endroits indiqués, introduire la circulation avec confiance quand les opportunités se présentaient, etc. Ces comportements désirables ont été établis en référence au standard d'obtention de permis de conduire en Australie. Pour ce qui est de la conduite sur route, onze critères d'évaluation ont été élaborés pour mesurer la performance de conduite. Par exemple, les obligations d'utilisation de la route incluait les comportements désirables tels qu'être certain des obligations dans un rond-point et intégrer la circulation avec confiance. Une évaluation standardisée a été élaborée afin de s'assurer de l'uniformité et de la cohérence des données recueillies lors de la conduite sur route.

Dans l'évaluation de la conduite simulée et de la conduite sur route, le nombre de critères diffèrent parce que le volet « décision et jugement » formant une catégorie dans la conduite simulée est subdivisé en deux sous-catégories « reconnaissance d'erreur » et « ajustement d'erreur » dans l'évaluation de la conduite sur route. Les coefficients alpha de Cronbach étaient respectivement 0,7 et 0,8 pour les variables de la conduite simulée et de la conduite sur route confirmant ainsi la cohérence interne des échelles. Les résultats montrent par l'intermédiaire d'une courbe de dispersion que l'index de conduite simulée est positivement

associé à l'index d'évaluation sur route ( $r = 0,716$ ). L'étude a donc confirmé le haut taux de transférabilité des observations en conduite simulée à la conduite sur route et donc, une bonne validité externe.

Dans une étude expérimentale réalisée par notre équipe de recherche les résultats obtenus en conduite sur simulateur étaient comparés à ceux obtenus en conduite sur route (Murray et al., 2015). L'étude s'est déroulée en circuit fermé de conduite sur route auprès de quatorze participants sains (âge moyen  $43.9 \pm 12.0$ ) ayant participé à l'étude précédente sur simulateur. Trois conditions ont été évaluées : plâtre au membre inférieur, botte de stabilisation de marche (Aircast Walker) et souliers de marche. En premier lieu, les participant(e)s conduisaient sur route en ligne droite et devaient freiner à la suite d'un signal visuel et les informations étaient enregistrées dans un ordinateur sur un véhicule instrumenté. Également, en conduisant à travers des cônes, les participant(e)s devaient freiner à la suite du signal visuel qui apparaissait de façon aléatoire. L'étude sur simulateur avait indiqué une augmentation dans le temps de freinage d'urgence (41 ms) pour les participants(e)s portant une immobilisation au membre inférieur ( $p < 0,01$ ). Ces résultats concordent avec l'étude sur route où il a été constaté que le temps de freinage est significativement plus élevé de (61ms) avec une immobilisation au membre inférieur ( $p=0.005$ ). Donc, les résultats obtenus en simulateur et en conduite sur route s'apparentent et tendent vers la même conclusion (validité externe) : le temps de freinage d'urgence est significativement augmenté avec le port d'une immobilisation.

Une étude de Winter et collègues (2009) cherchait la relation entre la pratique de trois mesures (exécution de la tâche, nombre d'infractions et erreurs) en simulateur de conduite et les résultats d'un test de conduite sur route ayant lieu six mois plus tard. Un total de 804 participants (âge moyen : 19,4 ans et 54% de femmes) de 36 écoles de conduite différentes aux Pays-Bas ont participé à l'étude utilisant un simulateur de fidélité moyenne du manufacturier Green Dino (GD) Virtual Realities (Green Dino 2008). Le contrôle du véhicule dans le simulateur était similaire à la transmission d'une voiture manuelle. Le retour de force était attaché au volant et la mesure d'accélération provenait d'éléments de vibration au niveau

du volant et du siège conducteur. Trois projecteurs d'une résolution de 1024x768 et 800x600 permettaient un champ de vision de 180 degrés.

Les scénarios de conduite étaient basés sur la formation de conduite Néerlandais et consistaient en quinze (15) leçons de 27 minutes chacune. Les leçons un (1) à cinq (5) présentaient les notions de contrôle du véhicule, six (6) à dix (10) la conduite urbaine et onze (11) à quinze (15) la conduite sur autoroute. Une caractéristique importante du logiciel du simulateur est que l'entraînement n'est pas préprogrammé; les participants conduisaient dans un environnement similaire à la conduite auto-rythmée réelle sur route. Un instructeur virtuel fournissait de la rétroaction en lien avec le taux de succès du participant dans la réalisation des tâches, mais également selon l'environnement virtuel.

L'étude cherchait à démontrer que l'utilisation de simulateurs pour se pratiquer à la conduite automobile amène des résultats positifs en conduite réelle sur route. À la suite de la formation sur simulateur, les participants avaient un plus haut taux de réussite du test de conduite au premier essai (corrélation de 0.18). Une période plus courte de pratique sur route correspond à une exécution plus rapide des tâches liées à la conduite, une quantité moins élevée d'infractions et des erreurs de manœuvre moindre (corrélation prédictive de 0,45).

### ***3.3.2.3 Conclusion de validation de simulateur de conduite***

En résumé, les trois études présentées (Schechtman et al., [2009]; Mayhew et al. [2011]; Lee, H. C. et al. [2003]) confirment la validité externe relative du simulateur de conduite c'est-à-dire que les tendances observées sur la route sont également observées en conduite simulée. Cette cohérence suggère la transférabilité des observations en conduite simulée à la conduite sur route. Également, le simulateur reproduit les erreurs sur la route (Mayhew et al. [2011]; Schechtman et al., [2009]). Plus un conducteur a de l'expérience en conduite automobile, moins celui-ci commet d'erreurs lors des tâches simulée ce qui implique que le simulateur peut différencier les différents niveaux d'aptitudes de conduite (Mayhew et al. [2011]). Par ailleurs, la validation interne du type de simulateur utilisé (STISIM) dans notre étude permet son utilisation. Pour ce qui est de notre étude, le simulateur de conduite a été validé (validité externe) par notre équipe de recherche (Murray) avec une étude sur route pour les tâches de

freinage. Tel que le recommande les écrits scientifiques, le même groupe de 48 participants sains immobilisés au membre inférieur droit dans l'étude de Tremblay et ses collaborateurs [2009] a réalisé les tests de conduite sur route dans l'étude de Murray et collaborateurs [2015]. Il n'a pas encore été validé (au niveau de la validité externe) pour les tâches de manipulation du volant (pilotage). Pour ce faire, il faudra recréer les tâches proposées dans le cadre de cette étude lors d'évaluation de conduite sur route en circuit fermé.

#### ***3.3.2.4 Évaluation de la conduite automobile en simulateur et sécurité routière***

La sécurité routière est strictement liée à l'interaction entre le conducteur et son environnement; le facteur humain étant reconnu comme étant le plus critique. Une évaluation de la conduite automobile en simulateur consiste à reproduire, dans un environnement virtuel sur ordinateur, un ou plusieurs aspects et certaines composantes de la conduite automobile. Les scénarios sont variables en fonction de l'objectif visé, des éléments à évaluer, des ressources et des technologies disponibles. Cette section présente des études où certains aspects de la conduite automobile dont la performance et/ou la sécurité ont été évaluées via un simulateur de conduite automobile.

Afin d'améliorer la sécurité routière, l'évaluation et la surveillance du niveau d'attention des conducteurs et leur performance lors de réalisation de tâches spécifiques est une nécessité. Une étude italienne visait à identifier le facteur le plus significatif des réponses à deux tests de perception lors d'une conduite simulée : freinage et déviation latérale (Bartolozzi et Frendo, 2014). Dans cette étude, 48 participants (âge moyen :  $24,9 \pm 3,0$ ) devaient conduire en simulateur selon un protocole spécifique incluant huit à dix tests de freinage et huit à dix tests de déviation latérale. Le protocole présentait un parcours de dix-sept minutes durant lequel ils devaient réagir de façon appropriée aux situations présentées.

Pour le test de freinage, le temps de réaction en lien avec le temps de transfert vers la pédale, une dispersion plus élevée a été observée due à l'influence de facteurs externes. Il s'agit de freiner ou manœuvrer le volant rapidement lors de l'apparition d'un événement du hasard dans le scénario de conduite simulée. En ce qui a trait aux déviations latérales, les variables suivantes ont été identifiées comme étant les plus déterminantes : temps de réaction pour la

phase de réaction ainsi que le deuxième pic de manœuvre de contrôle (angle du volant) liée à la première réponse instinctive et l'ensemble des manœuvres de contrôle (angle de volant) pour la réponse complète. Puisqu'il s'agit d'un simulateur fixe, la concordance avec les conditions de conduite réelle ne peuvent être parfaitement reproduites et ce, plus particulièrement lors d'une conduite avec une accélération latérale élevée. Pour le test de freinage, les résultats pour le temps de réaction sont plus dispersés en ce qui a trait aux conducteurs individuellement ce qui n'a permis que 4,8 pourcents de paires de conducteurs statistiquement significatifs alors que pour le temps de transition vers la pédale, cela s'élevait à 31,9 pourcents. En ce qui a trait au test de déviation latérale, 28,5 pourcents des paires de comparaison deux par deux ont démontré des temps de réaction significativement différents.

Une étude des Pays-Bas suggère qu'il est important de comprendre la cinématique humaine et schémas d'activation des muscles lors de manœuvres d'urgence pour la conception de système de sécurité et favoriser le développement de modèles humains (Rooij et al., 2013). Le but de cette étude était de quantifier le comportement cinématique et l'activation des muscles lors de manœuvres de contrôle simulées par différentes conditions réalistes. Un total de 108 tests a été réalisé par dix participants. Il s'agissait de manœuvres de contrôle purement latérales selon une décélération de  $5\text{m/s}^2$  et de manœuvres de changement de voie. Les participants recevaient comme instructions de relaxer ou de se raidir et de tenir le volant alors que les participants passagers devaient garder les mains sur les genoux. En ce qui a trait aux résultats, pour les participants assis dans une position relaxante cela engendrait de façon significative moins d'activités musculaires au niveau des muscles du cou et davantage de mouvements du haut du corps comparativement aux participants en position raidie.

### ***3.3.2.5 Conduite automobile en simulateur et sécurité routière avec immobilisation du membre supérieur***

Aux États-Unis, Hasan et al. (2015) ont examiné les effets d'une immobilisation (élingue) de l'épaule du côté dominant sur la conduite automobile par l'intermédiaire d'un simulateur de conduite. Cette étude a été réalisée auprès de 21 participants sains et volontaires âgés en moyenne de 26 ans ( $\pm 3$  ans). Les participants étaient à la fois contrôles (absence d'élingue au bras) et participants (main dominante immobilisée par une élingue au bras stabilisateur de

l'épaule). Plusieurs variables étaient mesurées dont le nombre de collisions, les sorties de route, le positionnement du véhicule par rapport au centre de la route, l'angle de braquage maximal et la distance minimale avant collision face à un élément du hasard. La tâche consistait en un parcours de simulation de conduite conçu de façon à forcer le conducteur à utiliser plus souvent sa main dominante.

Pour cette étude, le parcours simulait une conduite en banlieue recréant des virages standardisés, des intersections, des traverses piétons et différents éléments du hasard rencontrés couramment en situation de conduite automobile. Il s'agissait d'un simulateur validé adapté sur mesure où l'ensemble des pédales était connecté à un convertisseur analogique-numérique transmettant des informations de position du véhicule en lien avec différents paramètres mesurés. Les résultats montrent qu'avec le port d'une élingue au bras du côté dominant, les conducteurs avaient significativement plus de collisions ( $p < 0,01$ ). Aucune différence significative n'a été observée pour les variables telles que : positionnement du véhicule par rapport au centre de la route, taux de direction, accélération et distance aux objets sur la route en l'absence d'obstacles.

Donc, cette étude suggère qu'une immobilisation de l'épaule à l'aide d'une élingue au bras dominant entrave les capacités du conducteur à réaliser efficacement des manœuvres d'évitement d'où l'augmentation significative des collisions avec le port d'une élingue au bras du côté dominant. Toutefois, ce type d'immobilisation ne semble pas avoir d'effet sur la conduite normale sur route dans des conditions de conduite régulière. Les auteurs suggèrent que conduire avec le côté dominant dans une élingue au bras est dangereux et il est recommandé que les patients ne conduisent pas durant toute la durée de cette immobilisation (Hasan et al., 2015).

Dans une autre étude réalisée en Australie, Mansour et ses collègues (2015) visaient à évaluer la capacité de 30 participants sains (17 hommes et 13 femmes) âgés entre 23 et 67 ans (moyenne d'âge de 37 ans) à manipuler le volant en simulateur de conduite avec une immobilisation plâtrée anté-brachiale. Pour la réalisation des tests, les participants étaient répartis de façon aléatoire soit dans le groupe portant l'immobilisation en premier ( $n=16$ ;

dont 7 portant le plâtre du côté dominant) ou celui portant l'immobilisation en deuxième (n=14; dont 8 portant le plâtre du côté dominant). La simulation recréait une situation de conduite en milieu rural sans d'autres véhicules, feux de circulation, signalisation ou obstacles. L'étude ne précise pas le modèle ou type du simulateur (fabrication maison ou commerciale) ou même si celui-ci avait déjà été validé au préalable. Les variables mesurées étaient : le nombre de sorties de route, le nombre de collisions, le temps nécessaire pour compléter le parcours et l'effet de la main dominante sur les différents paramètres évalués. Les participants devaient également indiquer si l'immobilisation avait entravé leur aptitude à manipuler le volant.

En comparant le port d'une immobilisation plâtrée de l'avant-bras à l'absence d'immobilisation, aucun résultat significatif n'a été généré en ce qui a trait au nombre de sorties de route, nombre de collisions, temps pour compléter le parcours ainsi qu'à la conduite avec la main dominante. L'étude suggère que le port d'une immobilisation plâtrée de l'avant-bras ne diminue pas la capacité des participants à manier le volant lors de la conduite en simulateur. Toutefois, 26 des 30 participants ont indiqué qu'ils considéraient que le plâtre nuisait à leur capacité à manier le volant. Les auteurs ont également constaté un effet d'apprentissage puisque les participants étaient plus susceptibles à des collisions durant leur premier tour en comparaison aux suivants.

Au Royaume-Uni, dans une autre étude utilisant un simulateur de conduite automobile validé (STISIM 400W), huit participants sains et volontaires de moins de 25 ans ont exécuté quatre circuits de 20 minutes (Gregory et al., 2008). Les circuits 1 et 4 étaient effectués sans immobilisation et les circuits 2 et 3 avec une immobilisation légère en dessous du coude (anté-brachial) libérant le pouce. Pour le circuit 2, les participants étaient assignés de façon aléatoire à une immobilisation du côté droit ou du côté gauche et l'autre côté était immobilisé pour le circuit 3. Les circuits incluaient des environnements simulés de conduite urbaine et rurale ainsi que des éléments inattendus attribuables au hasard (piétons qui traversent, véhicule émergeant d'une entrée cachée, feux de circulation changeant brusquement et évitement d'un véhicule dans la voie du conducteur). Les résultats montrent que l'immobilisation d'un membre résulte en une conduite urbaine et rurale significativement



plus prudente (trajectoire du véhicule et variations  $p < 0,025$ ; instabilité en lien avec le positionnement du véhicule  $p = 0,05$ ) avec plus de variations de la vitesse ( $p < 0,05$ ) et de plus grande variation pour le positionnement latéral sur route ( $p < 0,01$ ). De plus, en réponse aux éléments du hasard, le port d'une immobilisation anté-brachiale engendre une conduite automobile moins sécuritaire avec des vitesses de conduite et des accélérations plus élevées ( $p = 0,01$ ), une plus grande proximité aux éléments du hasard avant d'agir ( $p = 0,05$ ) et moins de réglages de direction ( $p = 0,05$ ). Les effets restrictifs sur la performance de conduite semblent plus apparents et graves avec une IMS droit. Cette étude suggère qu'une IMS engendre une conduite plus prudente en milieu rural et urbain, mais la performance de conduite se détériore lorsque le conducteur est confronté aux éléments du hasard et doit y réagir (Gregory, 2008). Les auteurs suggèrent que la conduite avec une IMS AB à droite est plus problématique qu'une à gauche en ce qui a trait à la réponse aux éléments du hasard. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les participants soient droitiers ou que selon le type de transmission, la conduite manuelle requiert davantage l'intervention du MS droit.

Les études de Hasan et Gregory ont plusieurs disparités observables rendant la comparaison difficile en ce qui a trait aux résultats puisque l'une traite d'une immobilisation (écharpe) à l'épaule et l'autre d'une immobilisation anté-brachiale. L'étude de Hasan (2015) s'est déroulée aux États-Unis alors que celle de Gregory (2008) a eu lieu au Royaume-Uni et donc, dans les deux cas, l'habitacle du véhicule est différent en ce qui a trait au côté conducteur et par conséquent, au MS exposé à la portière. Dans son étude, Hasan parle de côté dominant toutefois, il ne spécifie pas si ses participants étaient majoritairement gauchers ou droitiers. Stevenson (Royaume-Uni) et Chong (États-Unis) ont mentionné que la conduite automobile semblait plus restrictive du côté gauche alors que Gregory (Royaume-Uni) a observé des effets plus limitatifs du côté droit. Cette divergence ne semble pas être attribuable à l'habitacle du véhicule, et conséquemment, comme Hasan le suggère, elle peut être liée au côté dominant. Il serait donc pertinent de vérifier les effets de la latéralité ou de la dominance en termes d'immobilisation et de conduite automobile.

Les trois études de Gregory, Mansour et de Hasan utilisant des simulateurs de conduire indiquent qu'en situation de conduite normale en l'absence d'éléments du hasard, le port

d'une IMS (anté-brachiale ou écharpe à l'épaule) ne semble pas entraver les capacités à la conduite automobile. De plus, les études de Gregory (2008) et Hasan (2015) suggèrent que la conduite automobile est toutefois plus contraignante quand le conducteur est confronté à des éléments du hasard. Les simulateurs présentés dans les études de Gregory et Hasan ont une validité interne démontrée. L'étude de Mansour ne mentionne pas quel modèle de simulateur a été utilisé ni même si celui-ci a une validité quelconque (interne ou externe).

Tableau 2 : Résumé des études expérimentales évaluant la conduite automobile avec une  
IMS courte (anté-brachiale)

	Bras droit	Bras gauche
<b>Plâtre court</b>	<p><b>Australie (Kalamaras, 2006) :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Conduite sur route</i></li> <li>▪ Échec du test de conduite (instructeur de conduite).</li> </ul> <p><b>Royaume-Uni (Gregory et al., 2008) :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Conduite en simulateur</i> de conduite automobile avec une immobilisation anté-brachiale libérant le pouce : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Conduite plus prudente : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Trajectoire du véhicule et variations;</li> <li>▪ Instabilité en lien avec le positionnement du véhicule avec plus de variation de la vitesse et du positionnement latéral du véhicule.</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> <p><b>Australie (Mansour et al., 2015) :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Immobilisation plâtrée anté-brachiale <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ne diminue pas de façon significative les capacités des participants à manier le volant lors de la conduite en simulateur;</li> <li>○ Auto-perception de nuisance à la capacité à manier le volant;</li> <li>○ Effet d'apprentissage lors de la simulation.</li> </ul> </li> </ul> <p><b>États-Unis (Jones et al., 2016) :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Immobilisation plâtrée spica (incluant le pouce) au bras droit <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Difficulté perçue la plus élevée;</li> <li>○ Perte de contrôle du véhicule;</li> <li>○ Le plus grand nombre d'échec significativement;</li> <li>○ Décommandent la conduite automobile avec cette immobilisation.</li> </ul> </li> <li>▪ Attelle anté-brachial : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Augmentation significative de la difficulté perçue</li> </ul> </li> </ul>	<p><b>Royaume-Uni (Blair et al., 2001) :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Conduite sur route</i></li> <li>▪ Influence significativement la capacité à conduire de façon sécuritaire; <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Bennett du côté gauche</li> <li>○ Scaphoïde du côté gauche</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Australie (Kalamaras, 2006) :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Échec du test de conduite (instructeur de conduite).</li> </ul> <p><b>Royaume-Uni (Gregory et al., 2008) :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Conduite en simulateur</i> de conduite automobile (validation interne) avec une immobilisation anté-brachiale libérant le pouce : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Conduite plus prudente : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Trajectoire du véhicule et variations;</li> <li>▪ Instabilité en lien avec le positionnement du véhicule avec plus de variation de la vitesse et du positionnement latéral du véhicule.</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> <p><b>États-Unis (Chong et al., 2010) :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Conduite sur route</i></li> <li>▪ Performance de conduite significativement diminuée avec une IMS gauche de type attelle en-dessous du coude;</li> </ul> <p><b>Australie (Mansour et al., 2015) :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Conduite en simulateur</i> de conduite automobile. Il n'y a pas de précision en lien avec la validité du simulateur.</li> <li>▪ Immobilisation plâtrée anté-brachiale <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ne diminue pas de façon significative les capacités des participants à manier le volant lors de la conduite en simulateur;</li> <li>○ Auto-perception de nuisance à la capacité à manier le volant;</li> <li>○ Effet d'apprentissage lors de la simulation.</li> </ul> </li> </ul> <p><b>États-Unis (Jones et al., 2016) :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Immobilisation plâtrée spica (incluant le pouce) au bras droit <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Difficulté perçue la plus élevée;</li> <li>○ Perte de contrôle du véhicule;</li> <li>○ Le plus grand nombre d'échec significativement;</li> <li>○ Décommandent la conduite automobile avec cette immobilisation.</li> </ul> </li> </ul>

Tableau 3 : Résumé des études expérimentales évaluant la conduite automobile avec une IMS longue (brachio-anté-brachial)

	Bras droit	Bras gauche
Plâtre long	<p><b>Australie (Kalamaras, 2006) :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Échec du test de conduite (instructeur de conduite)</li> <li>▪ Échec de l'évaluation de l'ergothérapeute; ergothérapeute juge dangereux la conduite automobile avec ce type d'immobilisation.</li> </ul> <p><b>États-Unis (Hasan et al., 2015) :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Écharpe à l'épaule du <i>côté dominant</i> entrave significativement la conduite automobile simulée : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Plus de collisions;</li> <li>○ Capacités du conducteur à réaliser efficacement des manœuvres d'évitement;</li> </ul> </li> <li>▪ Pas de différence significative : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Positionnement du véhicule par rapport au centre de la route;</li> <li>○ Taux de direction;</li> <li>○ Accélération et distance aux objets sur la route en l'absence d'obstacle.</li> </ul> </li> </ul>	<p><b>Royaume-Uni (Stevenson et al., 2003) :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Conduite sur route</i></li> <li>▪ Immobilisation au-dessus du coude gauche non-sécuritaire.</li> </ul> <p><b>Australie (Kalamaras, 2006) :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Échec du test de conduite (instructeur de conduite)</li> <li>▪ Échec de l'évaluation de l'ergothérapeute; ergothérapeute juge dangereux la conduite automobile avec ce type d'immobilisation.</li> </ul> <p><b>États-Unis (Chong et al., 2010) :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Performance de conduite significativement diminuée avec une IMS gauche de type attelle au-dessus du coude;</li> <li>▪ Difficulté perçue accrue et faible niveau de sécurité perçue.</li> </ul> <p><b>États-Unis (Hasan et al., 2015) :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Écharpe à l'épaule du <i>côté dominant</i> entrave significativement la conduite automobile simulée : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Plus de collisions;</li> <li>○ Capacités du conducteur à réaliser efficacement des manœuvres d'évitement;</li> </ul> </li> <li>▪ Pas de différence significative : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Positionnement du véhicule par rapport au centre de la route;</li> <li>○ Taux de direction;</li> <li>○ Accélération et distance aux objets sur la route en l'absence d'obstacle.</li> </ul> </li> </ul>

### 3.4 Conclusion de la revue des écrits scientifiques

La revue des écrits scientifiques disponibles a permis de constater que beaucoup de patients conduisent malgré leur IMS. De plus, les patients et leurs médecins semblent confus à savoir à qui revient la responsabilité de décider s'ils peuvent conduire avec leur immobilisation et quels types d'immobilisations sont tolérables pour la conduite. Cette confusion est également présente au niveau des compagnies d'assurance et des corps policiers. Les compagnies d'assurance se fient aux recommandations des médecins qui pour leur part doivent fournir des recommandations à leurs patients basées sur des opinions plutôt que des données réelles découlant d'une évaluation des capacités de conduite. Dans les études disponibles

actuellement, certains médecins recommandent d'ailleurs à leurs patients de se référer à leurs compagnies d'assurances en cas de doute.

Le Conseil canadien des administrateurs en transport motorisé (CATM) propose un guide avec des lignes directrices en matière d'aptitude à la conduite d'un véhicule incluant l'évaluation de la fonction motrice (section 5.5, CATM; 2015). Cependant, les recommandations dans ce guide s'adressent davantage aux incapacités permanentes qu'aux immobilisations temporaires. Au Canada, afin d'aider les médecins à évaluer la capacité de leurs patients à conduire un véhicule automobile en toute sécurité, il existe le guide d'évaluation médicale de l'aptitude à conduire (9<sup>th</sup> edition of the Driver's Guide: Determining Medical Fitness to Operate Motor Vehicles, 2017).

Alors qu'au Québec il est stipulé que la conduite automobile est incompatible avec l'immobilisation d'un membre (temporaire ou permanent), partout ailleurs, les corps policiers et les régulateurs de permis de conduire sont catégoriques : la responsabilité de conduire avec une immobilisation revient au conducteur seul et en cas d'accident avec cette immobilisation, celui-ci devra démontrer qu'il était en contrôle du véhicule lors de l'accident.

Les différentes études ont indiqué qu'une immobilisation au-dessus du coude, surtout du côté gauche ainsi qu'une attelle de Bennett ou du scaphoïde, ont des effets limitatifs sur les performances de conduite automobile. De plus, l'ajout d'éléments du hasard rend la conduite automobile plus dangereuse. Une immobilisation de type écharpe de l'épaule du côté dominant semble avoir un effet significatif sur la conduite automobile en simulateur de conduite. La plupart des auteurs suggèrent des études additionnelles sur le sujet afin d'en arriver à des lignes directrices pour les professionnels médicaux et les patients.

Toutefois, la majorité de ces études présentait un échantillon de petite taille ce qui limite la portée des résultats et ne permet pas une généralisation de ceux-ci. D'autre en plus, que pour certaines de ces études ayant eu recours un simulateur de conduite automobile, plusieurs n'indiquaient pas en quoi consistait le simulateur utilisé ni même s'il était validé (interne ou externe). Ces limitations réduisent donc la portée de ces études.

L'utilisation d'un simulateur de conduite pour l'évaluation de paramètres de conduite est valide. Les simulateurs de conduite représentent des outils de recherche pratiques et sécuritaires en ce qui a trait au comportement du conducteur sur la route. Il existe très peu d'études dans les écrits scientifiques actuellement en ce qui a trait aux impacts d'immobilisation au MS sur la conduite automobile surtout pour une immobilisation BAB. Un projet de recherche utilisant un simulateur de conduite afin de déterminer les effets d'une IMS de type BAB sur la conduite automobile est très opportun et pertinent. Celui-ci permettra non-seulement de valider certains écrits scientifiques actuels, mais également de documenter davantage les effets de la conduite automobile avec une IMS.

## **CHAPITRE 4 : CADRE CONCEPTUEL DE LA CONDUITE AUTOMOBILE**

Afin d'avoir une meilleure compréhension des facteurs influençant la conduite automobile, trois modèles théoriques pertinents ont été retenus. Ceux-ci servent de guide à l'élaboration du protocole de recherche pour le projet ainsi qu'à la détermination des tests à effectuer. Les modèles présentés permettent entre autres d'avoir une meilleure compréhension des paramètres régissant ou déterminant la conduite sécuritaire. Ils ont été choisis parce qu'ils sont évolutifs, complémentaires et les notions abordées dans les écrits scientifiques disponibles actuellement en ce qui a trait à la conduite automobile sont des éléments communs à ceux-ci.

Le premier modèle est celui de Michon (1985) qui, malgré son ancienneté, présente des éléments de base qui sont encore d'actualité en ce qui a trait au comportement humain en matière de conduite automobile. Le deuxième est celui de Brouwer (2002) qui ajoute des notions neuropsychologiques et cognitives à considérer. Le dernier, qui est également le plus récent, est celui de Lindstrom-Forneri (2010) qui incorpore les facteurs individuels et environnementaux dont il faut tenir compte quand il est question de conduite automobile.

### **4.1 Modèle de Michon**

En 1985, Michon a proposé un modèle hiérarchique en trois parties décrivant le comportement humain en ce qui a trait à la conduite automobile. Ce modèle présentait le comportement de conduite selon trois niveaux : stratégique, tactique et opérationnel selon un ensemble de tâches simultanées avec des exigences cognitives et temporelles qui diffèrent. Il s'agit de comportements du conducteur observables en situation réelle de conduite.

Le niveau stratégique englobe les tâches de raisonnement complexe, d'organisation et de planification. Ce sont des tâches qui exigent un investissement cognitif élevé, mais où la pression temporelle est faible. On y retrouve : planification de l'itinéraire, de navigation et de choix de route. Le niveau tactique fait référence à la prise de décision dans l'action; l'exigence cognitive est moindre, mais la pression temporelle est plus élevée. Les tâches que

l'on y retrouve sont : dépassement, distance inter-véhiculaire, vitesse, virage, feux de circulation, etc. Ce niveau fait appel aux compétences exécutives et cognitives. Le niveau opérationnel met en relation la vitesse de traitement de l'information ainsi que les capacités visuo-perceptives pour l'exécution des actions. Il nécessite une faible exigence cognitive, mais une pression temporelle élevée. Ces tâches incluent : réaction aux obstacles, manœuvres de contrôle, contrôle de trajectoire, etc.

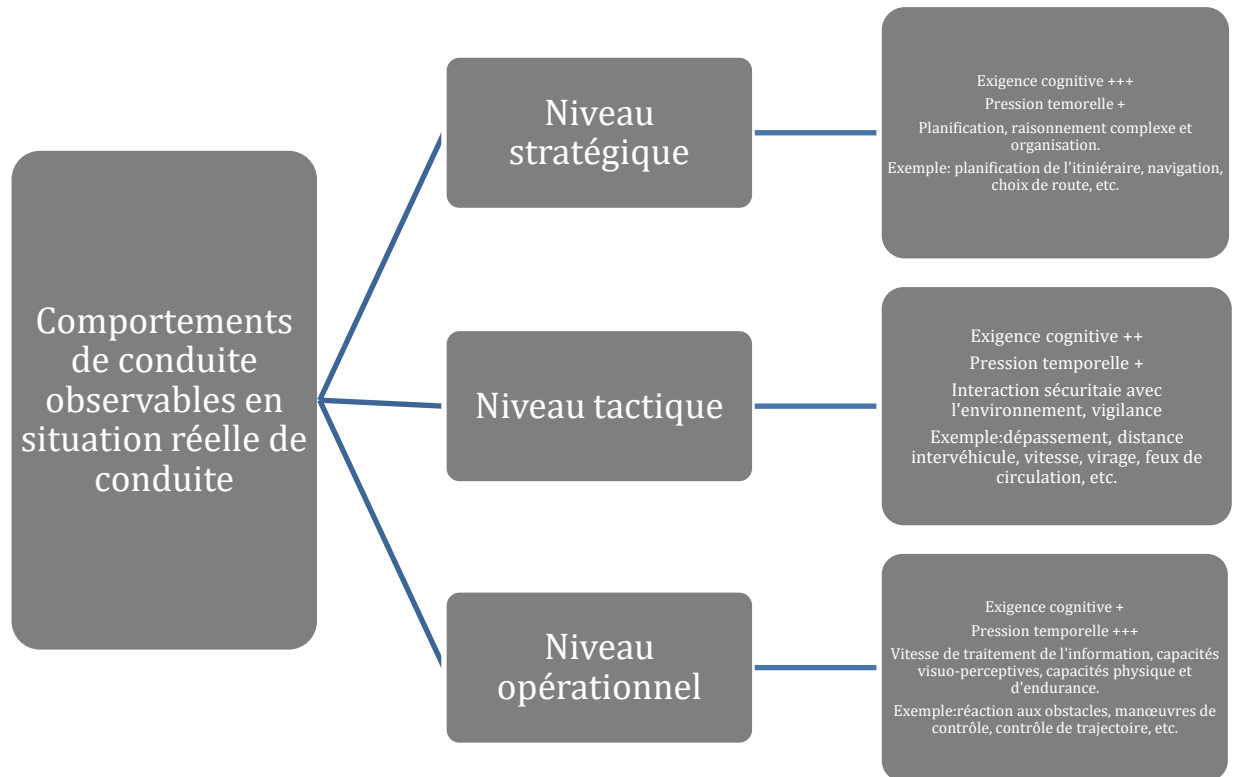


Figure 7 : Conceptualisation et adaptation du modèle de Michon

Dans le cadre de ce projet de recherche, en lien avec le modèle de Michon, les tâches proposées sont du niveau opérationnel où la pression temporelle est plus élevée que l'exigence cognitive. Pour les manœuvres de contrôle, les tâches élaborées sont les épreuves d'écart et de précision angulaire où, selon une contrainte temporelle, les participants doivent atteindre les angles indiqués en manipulant le volant du véhicule. L'épreuve de conduite sur route sert à évaluer la tenue de route et donc le contrôle de trajectoire. Une des lacunes du modèle de Michon est que les trois niveaux sont présentés comme étant dissociés l'un de l'autre alors que dans la réalité, les comportements du conducteur résultent d'une combinaison de l'interaction entre ces trois niveaux.



## **4.2 Modèle de Brouwer**

En 2002, Brouwer introduit sa modélisation de la conduite automobile tenant compte des limitations neuropsychologiques des conducteurs et de la complexité cognitive que requiert la conduite automobile. Le modèle de Brouwer propose l'interaction de trois niveaux : les compétences liées à la conduite, l'aptitude à la conduite et le comportement au volant. Ce modèle présente une conceptualisation en peu plus réaliste des aspects de la conduite automobile en comparaison au modèle de Michon. L'expérience de conduite est très importante dans ce modèle parce qu'elle amène à la flexibilité mentale; plus un conducteur est expérimenté, plus il sera en mesure d'adapter sa conduite en lien avec les situations se présentant à lui. L'ajout majeur du modèle de Brouwer à celui de Michon est la notion d'expérience et de limitations du conducteur; il existe des interactions entre les trois niveaux ce qui permet la compensation. Donc, pour un conducteur dont les aptitudes physiques ou cognitives sont atteintes, il faut s'attendre à ce que son niveau d'expérience ou d'autres sphères soient amenées à compenser dans cette situation.

Ce modèle a permis de tenir compte entre autres des paramètres sociodémographiques dont l'expérience de conduite ainsi que l'historique d'infractions des conducteurs pour le projet de recherche. Il s'agit là de variables influençant le comportement du conducteur en tenant compte de ses aptitudes et compétences de conduite. Dans le cas de notre étude, les aptitudes physiques des conducteurs seront entravées par le port d'une immobilisation BAB dont la capacité de préhension du volant avec l'immobilisation où le pouce est libéré. Il s'agira de valider si la capacité à saisir et manier le volant est affectée par le port de l'immobilisation BAB.

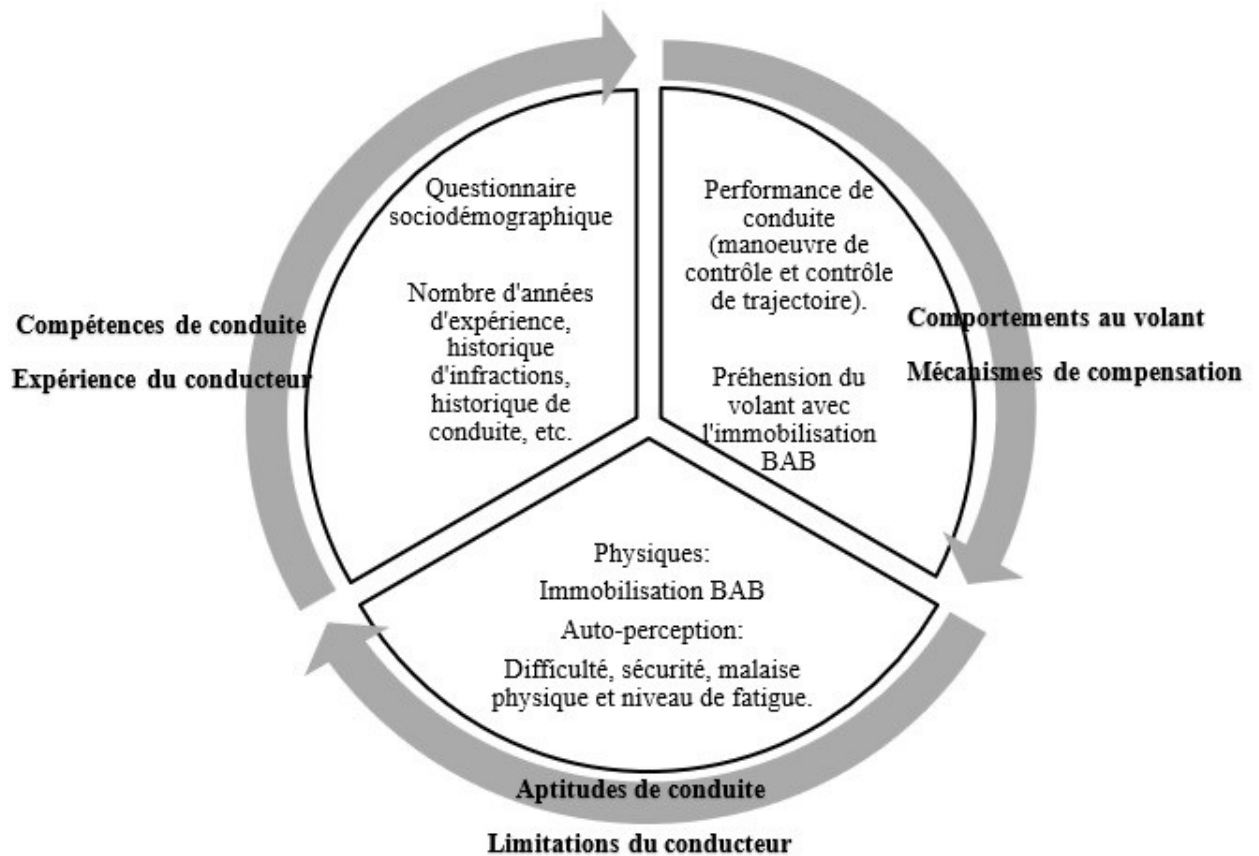


Figure 8 : Conceptualisation et adaptation du modèle de Brouwer en lien avec le présent projet de recherche

La notion d'interaction des trois aspects est cruciale afin de tenir compte de la complexité ainsi que de tous les aspects à considérer en lien avec la conduite automobile. Ce modèle met en évidence l'aspect individuel du conducteur, mais ne tient pas compte toutefois des facteurs externes et environnementaux qui peuvent influencer la conduite et qui complexifie cette tâche. En réalité, le conducteur n'est pas seul; il évolue dans un environnement avec d'autres conducteurs, des piétons, des cyclistes, des règles et la signalisation qui régissent la conduite. Également, il y a entre autres des éléments du hasard qui ont tous une influence sur les comportements et la sécurité liée à la conduite.

#### 4.3 Modèle de Lindstrom-Forneri

En 2010, Lindstrom-Forneri présente un modèle incluant les facteurs individuels et environnementaux de la conduite orientés vers la population de personnes âgées. Ce modèle

démontre plus adéquatement à quel point la conduite automobile est complexe et clarifie mieux les éléments du modèle de Michon en termes de résultats liés à la performance de conduite. Le niveau stratégique est tributaire de facteurs globaux, de facteurs contextuels spécifiques et d'éléments de modération. Le niveau de compétence est étroitement lié à la performance de conduite automobile faisant référence au modèle de Brouwer en lien avec l'expérience de conduite. Les éléments modérateurs sont très importants parce qu'ils sont directement liés au niveau de compétence. Dans le cas de la conduite automobile, la perception du conducteur face à ces aptitudes de conduite influence sa performance de conduite d'où l'importance d'un questionnaire d'auto-perception dans le cadre du projet de recherche.

Ce modèle présente une conceptualisation plus proche de la complexité réelle de la conduite automobile. Il introduit toute la notion de performance de conduite qui résulte d'une multitude de facteurs dont le niveau de compétence; la plupart des facteurs interagissent ensemble. Toutefois, ce modèle ne présente pas clairement l'aspect sécuritaire de la conduite ni le poids potentiel de chaque facteur en ce qui a trait à l'impact potentiel sur la performance de conduite. Cette notion de sécurité est importante puisqu'elle fait non seulement référence aux aptitudes, mais également à l'attitude des conducteurs en lien avec les interactions de celui-ci avec son environnement.

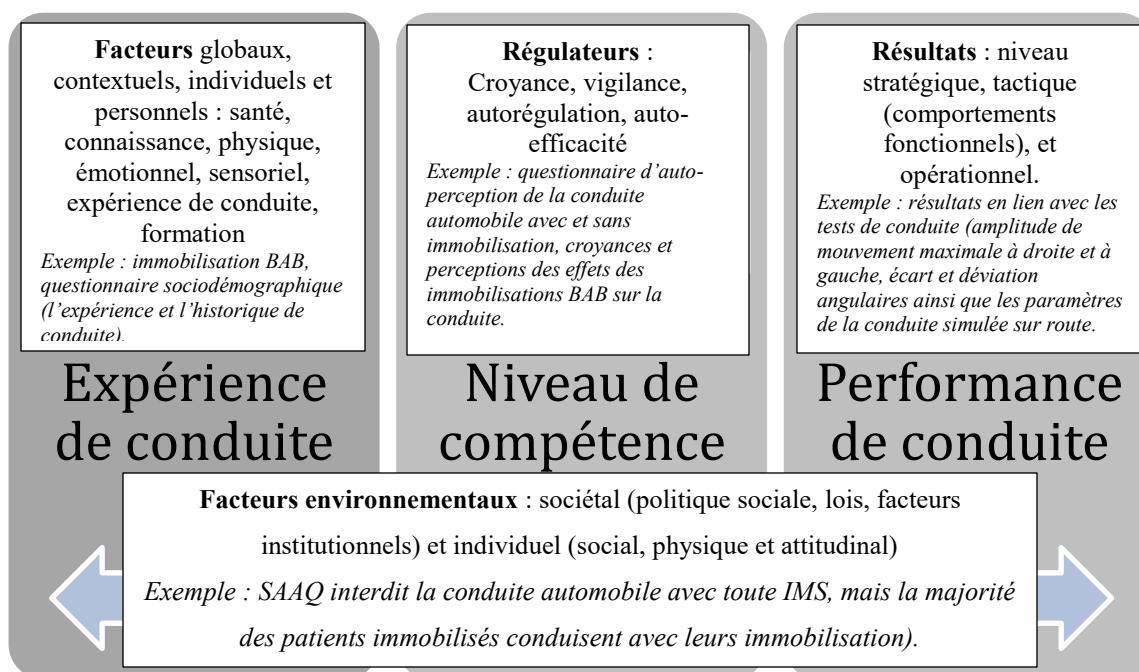


Figure 9 : Conceptualisation et adaptation du modèle Lindstrom-Forneri en lien avec le présent projet de recherche

#### 4.4 Relation entre les modèles et les évaluateurs de performance de conduite utilisés

Les modèles présentés sont évolutifs et complémentaires dans l'ensemble. Par exemple, le modèle de Michon amène toute la notion de base que les comportements de conduite résultent de facteurs individuels selon les exigences cognitives et les contraintes temporelles. Ce modèle a permis de retenir le niveau opérationnel pour structurer les épreuves et les tâches de conduite en simulateur afin de déterminer les comportements du conducteur au volant. Le modèle de Michon manquait toutefois de présenter une interaction entre les niveaux ce qu'ajoute le modèle de Brouwer.

Le modèle de Brouwer a permis de considérer les facteurs individuels interagissant avec les exigences cognitives et les contraintes temporelles dans le cadre de ce projet de recherche. Ce modèle a incité l'élaboration d'un questionnaire sociodémographique afin de mettre en évidence les facteurs individuels et personnels pouvant affecter la conduite automobile pour chacun des participants avec une interaction entre les aptitudes, compétences et

comportements de conduite. Le questionnaire permet la cueillette d'information telles que : l'historique de conduite, l'état de santé, les informations personnelles, etc. Il permettra d'obtenir un portrait plus global des participants afin de déceler certaines particularités du groupe. Tel que l'indique la figure sept, certains parallèles et disparités pourront être ressortis entre les compétences de conduite et l'expérience du conducteur, grâce au questionnaire sociodémographique. De plus, il s'agira d'associer certains comportements au volant avec les mécanismes de compensation c'est-à-dire la performance de conduite lors des tâches de manœuvres de contrôle et de contrôle de trajectoire en lien avec la force de préhension et l'immobilisation BAB. Le questionnaire d'auto-perception permettra de faire des liens entre les aptitudes de conduite et les limitations du conducteur (immobilisation BAB et auto-perception de la difficulté, sécurité, malaise physique et niveau de fatigue). Le modèle de Brouwer ne tient toutefois pas compte des facteurs externes et environnementaux influençant la conduite automobile ce que le modèle de Lindstrom-Forneri offre de compenser.

Avec le modèle de Lindstrom-Forneri, tel que la figure 8 l'indique, les facteurs globaux, contextuels, individuels et personnels font référence à l'immobilisation BAB et l'utilisation d'un questionnaire sociodémographique afin d'obtenir des informations pertinentes en lien avec l'expérience et l'historique de conduite des participants. Les régulateurs dont croyance, vigilance, autorégulation et auto-efficacité seront tenus compte via le questionnaire d'auto-perception de la conduite automobile avec et sans immobilisation, croyances et perceptions des effets des immobilisations BAB sur la conduite). Les résultats en lien avec les tests de conduite seront l'amplitude de mouvement maximale à droite et à gauche, l'écart et déviation angulaires ainsi que les paramètres de la conduite simulée sur route. Plus particulièrement, il y a les facteurs environnementaux à considérer dont sociétal (politique sociale, lois, facteurs institutionnels) et individuel (social, physique et attitudinal). Au niveau des facteurs environnementaux, la SAAQ stipule que la conduite automobile est incompatible avec toute IMS qu'elle soit temporaire ou permanente sauf s'il y a une évaluation d'une ergothérapeute spécialiste en la matière. Toutefois, avec les délais et les autres points mentionnés dans la problématique, la majorité des patients immobilisés conduisent avec leur immobilisation d'où l'importance de documenter les impacts d'une immobilisation sur la conduite

automobile afin de fournir davantage d'informations pouvant encourager au besoin une modification des facteurs environnementaux liés à la conduite automobile au Québec.

## CHAPITRE 5: HYPOTHÈSE ET OBJECTIF

### 5.1 Objectif principal et objectifs secondaires

#### *Objectif principal :*

- L'objectif principal de cette étude est de caractériser les effets d'immobilisation brachio-anté-brachial (BAB) du côté gauche et du côté droit sur la performance de conduite automobile au niveau opérationnel (manœuvre de contrôle, contrôle de trajectoire et réaction aux obstacles) lors de tâches simulées afin d'en déterminer les impacts sur la sécurité. Plus précisément, des tâches liées aux manœuvres de contrôle et au contrôle de trajectoire seront évaluées.

#### *Objectifs secondaires :*

Deux objectifs secondaires ont également été retenus pour ce projet de recherche :

- Déterminer via un questionnaire d'auto-perception la difficulté, l'insécurité, les malaises physiques et le niveau de fatigue perçu en lien avec la conduite automobile simulée avec une immobilisation BAB et en l'absence d'immobilisation.
- Évaluer l'impact d'immobilisation BAB sur la force de préhension.

### 5.2 Hypothèse principal et hypothèses secondaires

#### *Hypothèse principale :*

- L'hypothèse principale proposée pour ce projet de recherche est que le port d'une immobilisation BAB affecte les paramètres de performance en conduite simulée pour ce qui est des tâches opérationnelles de conduite automobile (manœuvre de contrôle et contrôle de trajectoire).

#### *Hypothèses secondaires :*

Les deux hypothèses secondaires suggérées pour ce projet de recherche sont :

- L'immobilisation BAB a un impact sur la perception de la difficulté, insécurité, malaises physiques et fatigue.
- L'immobilisation BAB a des effets sur la force de préhension.

## **CHAPITRE 6: MATÉRIEL ET MÉTHODES**

Cette section présente la méthodologie utilisée dans le cadre du présent projet de recherche. Tout d'abord, il sera question du dispositif de recherche, des stratégies de recrutement des participants, de la population à l'étude, de la taille d'échantillon et de l'instrument de mesure. Par la suite, les variables indépendantes ainsi que les épreuves de conduite, variables biomécaniques et variables descriptives seront détaillées. Finalement, la procédure de collecte des données, les stratégies d'analyse des données ainsi que la dimension éthique seront présentées.

### **6.1 Dispositif de recherche**

Le dispositif de recherche utilisé dans le cadre de ce projet est une étude quasi-expérimentale d'un groupe unique avec un pré-test et post-test. Chaque sujet est ainsi son propre témoin.

### **6.2 Stratégies de recrutement**

Dans cette étude, il s'agit d'un échantillon non-probabiliste de convenance de participants sains. Pour recruter les participants ayant pris part à l'étude, les contacts personnels des différents membres de l'équipe de recherche ont été sollicités. La méthode boule de neige a également été mise en place pour favoriser le recrutement.

### **6.3 Échantillon**

Les personnes recrutées sont des participant(e)s sain(e)s présentant les critères d'inclusion et d'exclusion suivant :

#### ***6.3.1 Critères d'inclusion***

- 18 à 60 ans ;
- Permis de conduire valide au Québec;
- Avoir une expérience de conduite > 2 ans;
- Conduire une automobile à transmission automatique.



### **6.3.2 Critères d'exclusion**

- Atteinte visuelle non-compensée ou atteinte musculosquelettique invalidante
- Utilisation abusive:
  - D'alcool (> 5 consommations / semaine)
  - De drogues dans la dernière année
  - De médicaments psychotropes
- Pathologies:
  - Psychiatriques
  - Rénales ou du métabolisme
  - Du système nerveux central (épilepsie...)
  - Cardiovasculaires
  - Cérébro-vasculaires
  - Vasculaires périphériques
  - Troubles du sommeil, etc.
  - Mal des transports

### **6.4 Taille d'échantillon désirée**

La taille d'échantillon est calculée selon une hypothèse bilatérale avec une taille de l'effet de 0,80 (*effect size*) et alpha ( $\alpha$ ) à 0,05 pour une puissance de 80%. Elle a été estimée à  $n = 26$ . Une taille d'effet mesure combien on s'écarte de l'hypothèse nulle. Dans ce cas-ci, elle est déterminée selon la méthode de Cohen où 0,2 correspond à un faible effet, 0,5 à un effet moyen et 0,8 à un effet fort. De façon générale, il est recommandé d'avoir une puissance d'au moins 0.80 pour être satisfaisante.

### **6.5 Instrument de mesure**

Pour le principal instrument de mesure, il s'agit d'un simulateur de conduite. Le simulateur utilisé est un modèle « maison » fait à partir de la carcasse d'un véhicule (Chevrolet, Malibu, 2000) sans la motorisation usuelle et instrumentée de plaques permettant la mobilité des roues pour la mesure des angles de virage avec une projection sur écran plat (3 pieds par 6 pieds).

Initialement, la version du logiciel devant être utilisée pour le projet était le « STISIM Drive Software 3.00.13 ». Toutefois, pour des raisons de compatibilité avec les capteurs utilisés, une version plus ancienne du logiciel a été utilisée, soit la version 2.08.04.

Le logiciel STISIM a été choisi en raison de sa flexibilité en ce qui a trait à la facilité d'y créer des scénarios en fonction des objectifs de recherche en plus de son bas prix le rendant accessible à environ 5000\$. Celui-ci repose sur l'utilisation de « scripts » ou de scénarios dans lesquels la programmation d'éléments graphiques est possible. Par exemple, il est possible d'y faire apparaître des arbres, maisons, voitures, piétons, etc.

Les différentes épreuves y étant élaborées pour l'étude permettaient d'avoir plusieurs défis suffisamment élevés pour le participant favorisant une sensibilité de la mesure de l'instrument en la plus petite différence qu'il est capable de détecter afin de vérifier s'il est possible de conduire de façon sécuritaire avec un bras immobilisé d'un plâtre BAB. Bien que plusieurs scénarios aient été élaborés, ceux retenus ont été jugés comme étant les plus exigeants en fonction de l'objectif principal de l'étude soit les manœuvres de contrôle en la mesure de l'amplitude de mouvement, les écarts angulaires et le contrôle de trajectoire en la tenue de route. Les scénarios retenus ont été développés spécifiquement pour l'étude et donc, n'ont pas fait l'objet d'études antérieures.



©Marie Victoria Dorimain

*Source : photo prise dans le cadre du projet de recherche*

Figure 10 : Environnement de simulation du logiciel STISIM

### 6.5.1 Instrumentation du véhicule

Puisque le véhicule n'avait plus de moteur, il a fallu attacher un ressort sur le câble relié à la pédale d'accélérateur pour permettre une résistance et éviter que la pédale ne soit molle. Le « maître-cylindre » du système de freinage était manquant, il a donc fallu brancher le système hydraulique en « boucle » pour recréer l'effet du frein. Finalement, pour le contrôle du véhicule, il a nécessité l'instrumentation de la colonne de direction avec un potentiomètre linéaire de façon à contrôler la simulation avec le volant du véhicule.



©Marie Victoria Dorimain

*Source : photo prise dans le cadre du projet de recherche*

Figure 11 : Habitacle du véhicule utilisé pour le projet de recherche

Pour réduire la possibilité de mal du simulateur, un ventilateur a été installé à l'extérieur du côté du passager du véhicule avec les fenêtres avant ouvertes pour favoriser une circulation d'air. Ce mal du simulateur s'explique entre autres par une incohérence des signaux neurologiques quand le stimulus visuel est différent du stimulus sensoriel. Un ensemble de symptômes y est associé: nausées, pâleur, vomissements, vision trouble, sueurs froides, mal de tête, difficulté de concentration, fatigue visuelle, mal d'estomac, fatigue visuelle, etc.

(Stern et al., 2006). Ces symptômes apparaissent à différentes intensités et le nombre de symptômes est variable. Le protocole de Stern et al. (2006) aide à réduire le mal du simulateur; en plaçant un ventilateur à l'extérieur du côté passager. Celui-ci favorise une circulation de l'air pour donner une impression de déplacement du véhicule.

## **6.6 Variables indépendantes (conditions)**

- Sans immobilisation plâtrée
- Avec immobilisation plâtrée au MSD de type BAB
- Avec immobilisation plâtrée au MSG de type BAB

Le plâtre BAB consistait en une immobilisation fait à partir des métacarpes jusqu'en dessous de l'épaule maintenant le coude à un angle de 90 degrés, le poignet en position neutre, le pouce libre et l'avant-bras en supination selon l'approche proposée par Harris et al., (2009).

## **6.7 Épreuves de conduite et variables biomécaniques**

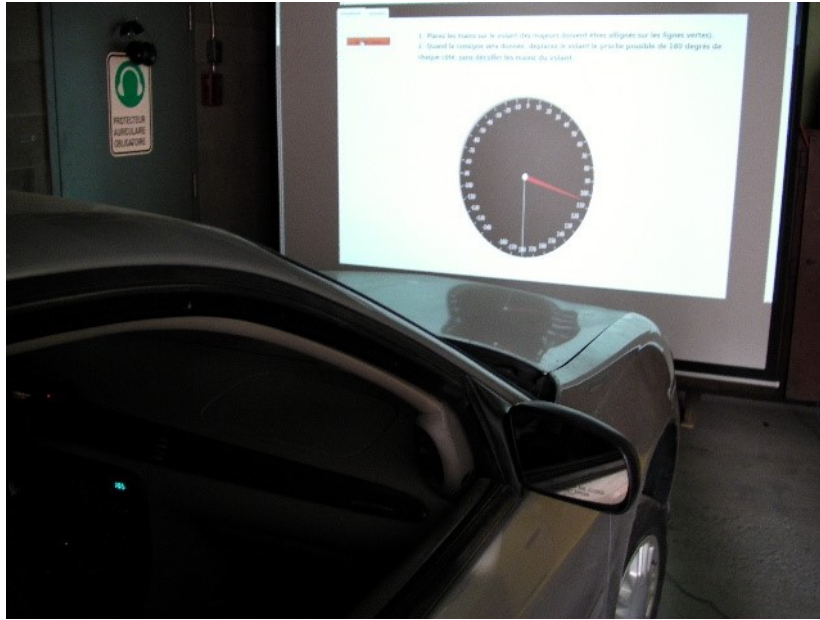
### ***6.7.1 Épreuve 1 A : amplitude de mouvement maximale à droite et à gauche***

Variable mesurée : amplitude de mouvement maximale vers la droite et vers la gauche

Cette épreuve est liée aux éléments de manœuvres de contrôle en ce qui a trait à la conduite automobile. Elle permet d'évaluer si les participants seront en mesure d'exécuter adéquatement des virages prononcés quand nécessaire en tenant compte de l'amplitude angulaire maximale vers la droite et vers la gauche que ceux-ci peuvent atteindre.

#### Consignes données et description de la tâche :

Les participants doivent garder les deux mains sur le volant en partant de la position exigée par le code de la sécurité routière du Québec à 10h10. À l'écran, apparait un cadran indiquant les angles et l'aiguille rouge indique la position angulaire en lien avec le positionnement du volant. Les participants doivent tourner le volant le plus qu'ils le peuvent vers la gauche et vers la droite afin de mesurer l'amplitude angulaire maximale atteinte à droite et à gauche.



©Marie Victoria Dorimain

*Source : photo prise dans le cadre du projet de recherche*

Figure 12 : Projection du visuel du projet de recherche

#### ***6.7.2 Épreuve 1 B : Manœuvres de contrôle (variables écart angulaire et précision angulaire)***

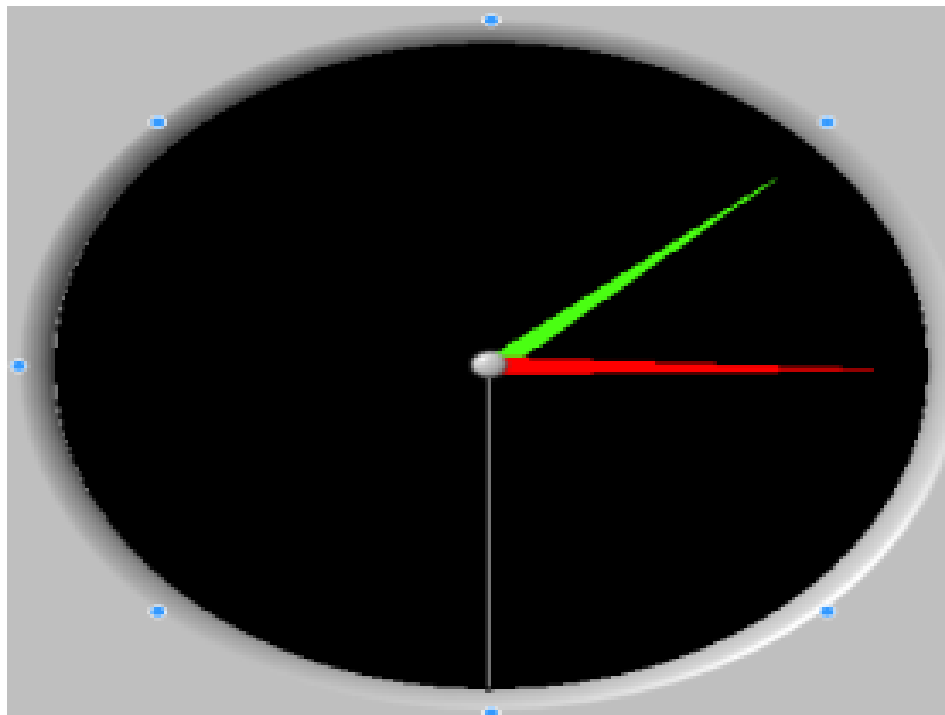
Les variables mesurées pour l'épreuve 1b sont l'écart angulaire (écart angulaire normalisé corrigé) et la précision (précision normalisée corrigée). Cette épreuve fait également référence aux tâches opérationnelles de manœuvres de contrôle et de réaction aux obstacles considérant une contrainte temporelle exigeant des mouvements rapides et précis. Il s'agit de simuler des manœuvres d'urgence faisant interagir les capacités visuo-perceptives et la vitesse de traitement de l'information.

Il n'y a pas vraiment d'obstacles qui apparaissent à l'écran dans cette épreuve. Il s'agit d'une épreuve où les participants ont deux secondes (contraintes de temps) pour atteindre chaque angle apparaissant à l'écran à l'aide du volant. L'angle atteint est mesuré et est comparé à l'angle indiqué (l'angle que le sujet devait atteindre). Selon le contrôle démontré, le sujet peut avoir atteint l'angle (0 d'écart angulaire), l'avoir dépassé (angle supérieur à l'angle à atteindre) ou ne pas l'avoir atteint (angle inférieur à l'angle à atteindre).

Ce qu'il faut noter dans cette épreuve est que, pour chaque nouvel angle qui apparaît à l'écran, il n'y a pas de retour à un angle 0. Donc, le sujet part toujours de l'angle précédent où il était rendu pour aller au suivant. Une différence entre les deux angles est notée. Par exemple, le sujet peut parfois avoir à tourner le volant davantage pour aller à l'angle suivant. Cette épreuve se veut une mimique des exigences physiques pour des situations d'évitements démontrant un bon contrôle et une manipulation efficace du volant.

Consignes données et description de la tâche:

Sur l'écran de projection apparaît un cadran avec deux aiguilles : une rouge et une verte. L'aiguille rouge indique l'angle à atteindre et l'aiguille verte indique la position angulaire en fonction de la position du volant. L'aiguille rouge change d'angle aux deux secondes selon un parcours prédéterminé spécifique avec des changements angulaires aléatoires. Il y a 23 paliers de positions angulaires à droite et à gauche. Les paliers un et 23 sont exclus dans l'analyse des données.



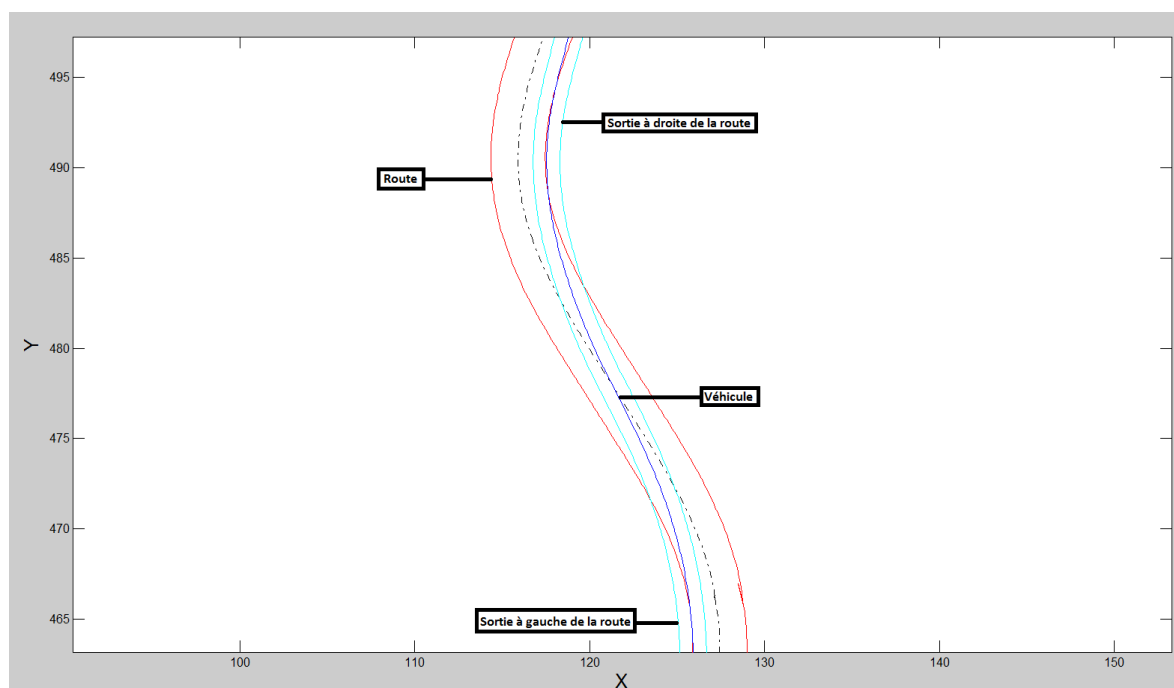
©Marie Victoria Dorimain

*Source : photo prise dans le cadre du projet de recherche*

Figure 13 : Cadran pour la précision angulaire du projet de recherche

### 6.7.3 Épreuve 2 : parcours standardisé: contrôle de la trajectoire

Cette épreuve consiste à évaluer différentes variables de la conduite sur route en simulateur. Les variables mesurées lors de cette épreuve sont : le temps total du parcours, la vitesse moyenne du parcours total et toutes les variables en lien avec les sorties de route à droite et gauche pour ce qui est des notions de contrôle et de tenue de route (nombre total des sorties de route, temps total lors des sorties de route, distance totale parcourue lors des sorties de route, temps moyen total et distance moyenne totale). Tel que l'indique la figure 14 ci-dessous, une sortie de route est une déviation par rapport à la ligne latérale de la route.



©Marie Victoria Dorimain

Source : photo prise dans le cadre du projet de recherche

Figure 14 : Visuel pour les sorties de route

Le scénario présentait une route que le conducteur devait suivre le plus fidèlement possible. Tout au long de cette route, on retrouvait des éléments de conduite en forêt, en montagne et en bordure de falaise. En suivant la route, les données en lien avec la conduite étaient enregistrées afin de valider la performance de conduite sur route en simulateur. Ces données

étaient en lien avec le maintien de la route en maniant le volant de façon adéquate tout au long du scénario. Pour le maintien de la route, le véhicule devait rester à l'intérieur des lignes latérales de la route. Cette épreuve permettait d'évaluer les éléments en lien avec le contrôle de trajectoire du niveau opérationnel des tâches de conduite.

#### Consignes données et description de la tâche:

Il s'agit d'un parcours standardisé de conduite simulée sur route. En gardant les deux mains sur le volant, les participants devaient suivre le plus fidèlement possible la route du parcours à l'écran. Pour la réalisation de cette épreuve, aucune limite de temps ou de vitesse n'a été imposée aux participants.



©Marie Victoria Dorimain

*Source : photo prise dans le cadre du projet de recherche*

Figure 15 : Visuel de projection de conduite sur route en simulateur

### **6.8 Variables descriptives et cliniques**

Les variables sociodémographiques habituelles ont été recueillies : informations personnelles, historique de conduite et historique récent (consommation de stimulants ou de dépresseurs). Les informations personnelles englobaient entre autres la main dominante, le sexe et l'âge de la personne participante. L'historique de conduite recherchaient entre autres des informations en lien avec l'expérience de conduite, les infractions de la route, la conduite usuelle d'un véhicule à transmission automatique ou manuelle. Sans se limiter à ces



informations, l'historique récent se trouvaient les questions en lien avec le nombre d'heures de sommeil durant la nuit précédant l'épreuve, l'autoévaluation selon une échelle numérique de 0 à 10 le niveau de fatigue avant le début de l'épreuve ainsi que la spécification de prise de stimulants (café, thé, etc.), de dépresseurs (drogue, alcool, etc.) ou autres avant l'épreuve.

Le questionnaire sociodémographique allait rechercher des informations additionnelles dans la section des informations métriques personnelles telles que : la main dominante du sujet, longueur de la main, longueur de l'avant-bras, longueur du bras. Dans l'historique de conduite, il était question des habitudes de conduite des participants : années d'expérience de conduite, kilométrage annuel, nombre de collisions (avec objet, animal ou personne), nombre d'infractions au code de la route (à l'exception des infractions en lien avec le stationnement), type de lieu de résidence (ville, campagne ou banlieue), expérience avec les jeux vidéo et expérience antérieure d'immobilisation au membre supérieur. L'historique récent faisait état du niveau de fatigue initial du sujet, de consommation de stimulants, dépresseurs ou médicaments. De plus, il y faisait état de l'état de santé du conducteur.

L'annexe 2 présente davantage de précision en lien avec les données amassées.

En ce qui a trait aux variables cliniques, après les épreuves pour chacune des variables indépendantes, en premier lieu, tel que présenté dans l'annexe 4, il y a eu une évaluation de la force de préhension à l'aide du dynamomètre de JAMAR (Schmidt, 1970). La préhension du volant est souvent liée aux capacités de manipulation et de contrôle de celui-ci. Une bonne force de préhension devrait conséquemment suggérer une bonne capacité de préhension du volant et donc, un meilleur contrôle et une manipulation adéquate de celui-ci.

De plus, les participants devaient remplir un questionnaire d'auto-perception de l'état physique et psychologique post-simulation à titre de variable clinique additionnelle (voir annexe 4). Le questionnaire d'auto-perception était sous la forme d'une échelle analogue numérique de 0 à 10 (0 = aucun et 10 = très élevé). Les éléments autoévalués dans ce questionnaire sont : difficulté, insécurité, malaise physique et fatigue perçue. Puisque, sans toutefois s'appliquer au Québec, selon les écrits scientifiques disponibles, légalement la décision de conduire avec une immobilisation revient aux patients, il était donc important de

vérifier la perception des participants de la conduite automobile selon les variables indépendantes.

### **6.9 Procédure de la collecte de données**

Deux participants étaient accueillis à la fois aux installations de l'institut universitaire de gériatrie de Sherbrooke dans les locaux où se déroulaient les épreuves de simulation. À leur arrivée, les participants remplissaient le questionnaire démographique pré-étude (voir annexe 3) afin de déterminer s'ils répondaient aux critères pour faire partie de l'étude. Ensuite, ceux-ci signaient le formulaire de consentement après que celui-ci leur ait été lu et expliqué (voir les annexes 7 à 13). Par la suite, ceux-ci remplissaient le questionnaire sociodémographique présenté dans la section précédente (voir annexe 2).

Pour chaque participant, l'ordre de passation des épreuves selon les variables indépendantes étaient déterminées de façon aléatoire préalablement. Initialement, tous les participants effectuaient un parcours d'essai de conduite pour se familiariser avec le simulateur. Pour chacune des conditions indépendantes, la mesure de la force de préhension était prise et le sujet remplissait le questionnaire d'auto perception.

Le temps total nécessaire à la réalisation de toute la simulation pour un sujet était de 60 minutes en raison de 20 minutes par condition indépendante incluant le temps de pose et de retrait des immobilisations. À la fin, les participants remplissaient le formulaire de confirmation de réception des frais de dédommagement dont le montant leur a été remis dans une enveloppe (voir l'annexe 6). La période de collecte des données a eu lieu sur deux semaines consécutives.

### **6.10 Dimension éthique**

Ce projet a été approuvé par le comité d'éthique de la recherche du CIUSSS de l'Estrie - CHUS qui en assure un suivi à cet effet (voir annexe 8). Il s'agit d'un projet s'imbriquant dans le cadre d'une étude de plus grande envergure dont le comité d'éthique avait accepté le protocole en 2012.

La journée de passation même des épreuves, les personnes responsables s'assuraient de faire la lecture du formulaire de consentement aux participants, de répondre à leurs questions et de s'assurer qu'ils comprennent bien les implications de leur participation au projet de recherche. Ainsi, il était expliqué au sujet en quoi consistait l'étude, son déroulement, les mises en garde, les risques et inconvénients ainsi que les avantages. Il était indiqué clairement que leur participation était volontaire et qu'il pouvait se retirer de l'étude en tout temps. Les notions de confidentialité de leurs informations y étaient clairement stipulées.

Pour réduire les risques associés à l'installation et au retrait du plâtre, un professionnel médical compétent installait et enlevait les immobilisations pour chacun des participants, s'assurant de laisser le pouce libre avec le coude à 90 degrés et la main en supination. Le travail du professionnel médical permettait d'amoinrir les principaux risques bien que peu fréquents associés au plâtrage :

- Stress occasionné par le retrait de l'immobilisation;
- Inconfort relié à l'immobilisation orthopédique;
- Points de pression;
- Brûlure provoquée par l'application de la fibre de verre ou par le retrait de celui-ci à l'aide de la scie à plâtre;
- Abrasions cutanées;
- Réaction allergique aux substances utilisées.

Pour réduire les risques du mal du simulateur, en concordance avec le protocole établi par Stern et al., afin de favoriser une ventilation adéquate, un ventilateur a été installé à l'extérieur du véhicule du côté passager du véhicule. De plus, la température ambiante dans le local a été abaissée telle que suggérée pour la prévention du mal du simulateur.

## ARTICLE 1

### **Effects of Long (Above Elbow) Upper Limb Immobilization on Simulated Driving Performance: An Experimental Pilot Study**

**Auteurs de l'article:** Marie-Victoria Dorimain, François Cabana, Mathieu Hamel, Vincent Descarie, Amy Svoltelis, Karina Lebel and Hélène Corriveau

**Statut de l'article:** Article publié dans *International Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 4(6). L'article a été envoyé le 17 octobre 2016, accepté le 17 novembre 2016 et publié le 23 novembre 2016.

**Avant-propos:** Pour cet article qui est disponible en libre-accès, en ce qui a trait à ma contribution pour le travail expérimental, j'étais partie prenante lors de la collecte des données en assurant l'accueil des participants, l'explication et la compréhension du déroulement des différentes étapes des évaluations ainsi que les risques potentiels associés afin d'assurer leur consentement éclairé lors de la signature.

J'ai fait la cueillette de données pour le questionnaire sociodémographique, ai pris les mesures avec le goniomètre, ai administré les questionnaires d'auto-perception et ai effectué les tests de préhension avec le dynamomètre de JAMAR.

Vincent Descarie installait et retirait les plâtres, Antoine Guillerand supervisait le volet informatique pour le déroulement des épreuves sur le simulateur, pour s'assurer que les données étaient bien enregistrées pour chacune des épreuves.

Lors des épreuves de simulation, j'expliquais le déroulement des épreuves simulées aux participants en donnant les consignes verbales pour chacune. J'expliquais aussi l'ordre des épreuves pour chacune des étapes et dirigeais les participants au bon endroit à chaque étape (ordre aléatoire prédéterminé de la séquence de pose et retrait des immobilisations plâtrées

et passation des épreuves, test cliniques et tests sur simulateur). Mon rôle consistait à assurer une coordination et déroulement optimal des activités lors de la cueillette des données.

Par la suite, j'ai procédé à la compilation et aux calculs statistiques pour l'analyse préliminaire des résultats (données sociodémographiques, force de préhension et questionnaires d'auto-perception). L'équipe d'ingénierie de Mathieu Hamel (incluant Antoine Guillerand) a procédé au défrichage initial des données générées par le simulateur et me les a acheminées afin de procéder à leur analyse.

J'ai ultérieurement rencontré le statisticien du CR-CHUS à quelques reprises afin de valider toute la démarche d'analyses des données et la validation des résultats : corroborer les tests choisis en fonction de la nature des résultats, de l'échantillon afin de s'assurer de la conformité de l'intégralité des données générées.

En plus du présent mémoire et des présentations requises dans le cadre du programme, avec l'aide de mes directeurs de recherche, j'ai également présenté les résultats du projet de recherche à la Journée de recherche de la Faculté de médecine et des sciences de la santé, journée de recherche au Département de chirurgie orthopédique, produit une affiche de vulgarisation scientifique pour le projet et publié un article. Il s'agit là d'une excellente façon de partager les résultats avec la communauté scientifique, les étudiants ainsi que les professeurs en plus de quelques présentations ciblées aux chaires de recherche pertinentes.

Pour ce qui est de l'article, je l'ai rédigé (structure et contenu) tout en bénéficiant de la contribution de mes directeurs de recherche (Pre Corriveau Hélène et Dr. Cabana François) pour la correction et la bonification du contenu. Il y a également eu le support de Mathieu Hamel pour la compréhension et l'assimilation des détails en lien avec l'instrumentation du véhicule, le fonctionnement du simulateur et la collecte des données ainsi que l'interprétation initiale des données recueillies en simulateur. Karina Lebel, Amy Sotelis ainsi que le Dr Cabana et Pre Corriveau m'ont soutenu dans les démarches de publication.

**RÉSUMÉ:** Effets d'une immobilisation BAB sur les performances de conduite simulée.

**PROBLÉMATIQUE :** L'immobilisation d'un membre est incompatible avec la conduite d'un véhicule routier selon le code de la sécurité routière du Québec. L'incapacité de conduire a d'importantes répercussions socio-économiques pour le patient immobilisé. Les impacts des IMS sur la sécurité routière sont actuellement sous-documentés dans les écrits scientifiques. Cette étude quasi-expérimentale vise à caractériser les effets d'une immobilisation BAB sur les performances de conduite simulée.

**MÉTHODOLOGIE :** Douze participant(e)s sain(e)s (âgé(e)s de 20 à 53 ans) ont été évalué(e)s selon trois conditions (sans immobilisation, immobilisation à droite et à gauche). Trois tâches indépendantes ont été exécutées à l'aide d'un simulateur de conduite : 1) l'amplitude de mouvement maximale (AMM) à droite et à gauche; 2) l'écart et la précision angulaire; et 3) la conduite simulée sur route (temps total pour compléter le parcours, vitesse moyenne ainsi que des détails en lien avec les déviations de route). La force de préhension (test clinique) a été évaluée avec le dynamomètre JAMAR selon les trois conditions susmentionnées. Pour chaque condition, les participant(e)s ont également complété un questionnaire d'auto-perception où ils devaient indiquer de 0 à 10 le niveau de difficulté, d'insécurité, de malaise physique et de fatigue.

**RÉSULTATS :** Les données pour l'immobilisation à droite et à gauche ont été comparées à l'absence d'immobilisation. L'AMM à droite et à gauche sont significativement diminuées avec une immobilisation à droite (ipsilatéral) et à gauche (controlatéral et ipsilatéral). L'écart angulaire (droit :  $p=0,019$ ; gauche :  $p=0,050$ ) été significativement affecté par une immobilisation à droite et à gauche contrairement à la précision angulaire. Aucune des variables évaluées pour les impacts de la conduite simulée sur route n'a généré de résultats significatifs selon les puissances générées. La force de préhension est significativement diminuée avec une immobilisation à droite et à gauche ( $p<0,001$ ;  $p<0,001$ ). Les participants perçoivent qu'il est significativement plus difficile ( $p=0,003$ ) et plus insécurisant ( $p=0,003$ ) de conduire avec une immobilisation à droite et à gauche.

**RÉSULTATS :** Les données pour l'immobilisation à droite et à gauche ont été comparées à l'absence d'immobilisation. L'AMM à droite et à gauche sont significativement diminuées avec une immobilisation à droite (ipsilatéral) et à gauche (controlatéral et ipsilatéral). L'écart angulaire (droit :  $p=0,019$ ; gauche :  $p=0,050$ ) été significativement affecté par une

immobilisation à droite et à gauche contrairement à la précision angulaire. Aucune des variables évaluées pour les impacts de la conduite simulée sur route n'a généré de résultats significatifs selon les puissances générées. La force de préhension est significativement diminuée avec une immobilisation à droite et à gauche ( $p < 0,001$ ;  $p < 0,001$ ). Les participants perçoivent qu'il est significativement plus difficile ( $p = 0,003$ ) et plus insécurisant ( $p = 0,003$ ) de conduire avec une immobilisation à droite et à gauche.

**CONCLUSION :** Une immobilisation BAB, surtout du côté droit, diminue significativement l'AMM en simulateur en conduite. Les participants ressentent plus de difficulté et d'insécurité lors de la conduite simulée. Plus d'études sur le sujet permettra de valider si une immobilisation à droite et à gauche diminue significativement la performance et la perception de sécurité en conduite simulée.

**MOTS CLÉS:** Immobilisation orthopédique membre supérieur; Conduite automobile; Sécurité routière; Simulateur de conduite.

**ABSTRACT:** Effects of long (above-elbow) upper limb immobilization on simulated driving performance: an experimental pilot study

**BACKGROUND:** Driving a motor vehicle is essentially incompatible with a limb immobilization according to the Quebec road safety code. The incapacity to drive due to an upper limb immobilization has an important potential socio-economic effect for patients, yet there is no consensus on the impact of upper limb immobilization on driving safety.

**MATERIALS AND METHODS:** Our experimental pilot study aimed to characterise the effects of long upper limb immobilization on simulated driving. A sample of 12 healthy participants tested the effect of three conditions (without immobilization and immobilization of the left or right upper limb) on three independent tasks on a driving simulator: 1) maximal range of movement (ROM); 2) angular deviation and precision; and 3) impact of the immobilization during on-road simulated driving. Participants were also tested for grip strength and completed a questionnaire on perceived difficulty, insecurity, physical discomfort and fatigue.

**RESULTS:** The data from absence of immobilization was compared to left or right arm immobilization. Maximum ROM to the right and left were significantly diminished with respective immobilizations: right (ipsilateral) and left (ipsilateral and contralateral). Angular deviation (right:  $p=0.019$ ; left  $p=0.050$ ) was significantly affected by both right and left arm immobilizations while angular precision was not. For the impacts of simulated on-road driving, no significant differences were observed for the measured tasks. Hand-grip was significantly reduced with an immobilization on both right and left arm ( $p<0.001$ ;  $p<0.001$ ). Participant's perception of difficulty ( $p=0.003$ ) and insecurity ( $p=0.003$ ) were significantly increased with an immobilization on either arm.

**CONCLUSION:** Above-elbow upper limb immobilization significantly affected ROM in a driving simulator and increased perceived difficulty and insecurity. As such, both left and right arm immobilization may affect driving performance and safety.

**KEYWORDS:** Orthopaedic immobilization; Upper limb immobilization; Motor vehicle driving; Driving simulator; Road safety.



## Introduction

A fracture is not only a traumatic event for a person but can also be very incapacitating due to the immobilization of the limb during treatment. While immobilized, patients often must continue their occupations, personal interests, community and daily activities, which most frequently requires the necessity of driving their motor vehicle. The present literature is very sparse and divergent regarding driving with a limb immobilization, especially with respect to the upper limbs. The evidence-based guidelines when it comes to advising immobilized patients regarding their ability to drive are sparse. In the absence of clear recommendations, physicians often advise their patients to abstain from driving with their immobilization [1], which is known to compromise their emotional and physical well-being, along with quality of life and evaluation of self-worth [2]. As such, patients often admit to driving with their immobilization [3-5] regardless the lack of information available pertaining to the safety of such practices. In a survey of 168 patients with an upper limb cast, a total of 50% responded that they drove at least once with their immobilization, and 22% mentioned that they drove daily while wearing a cast [4].

Unfortunately, the sparse available objective evidence regarding driving safety while wearing an upper limb immobilization (short or long) is contradictory. Stevenson et al. [6] suggest that it is safe to drive in below-elbow neutral casts, Bennett's type casts on either arm and in right above-elbow cast with adaptive measures such as moving the seat closer to the wheel (for above-elbow cast) or releasing the handbrake with the index finger instead of the thumb (for Bennett's casts). However, in the same study, the authors advise against driving with an above-elbow cast on the left arm because it proved to be significantly unsafe (it is uncertain though whether it was related to the vehicle's cockpit or the possible effect of dominant hand). Along the same recommendation, Chong et al. [7] suggest that driving performance is significantly diminished when wearing an above-elbow immobilization on the left arm. This aligns with the findings of Kalamaras et al. [4] who concluded altogether that patients should not drive in a long arm upper limb cast. Moreover, in a study geared towards driving with below-elbow upper limb immobilization, the authors concluded such immobilization appears to have little effect on the ability to drive a car unchallenged, yet adversely affects responses to routine hazards more prevalent and severe on the right arm [8, 9] with similar results obtained by two other groups [9, 10]. As such, clear guidelines are difficult to determine.

In the light of these different results, this study aims to evaluate the effects of driving with a long upper limb immobilization in regard to driving performance and safety. In this pilot study, as in the majority of studies on driving safety, a driving simulator was used for its cost-effectiveness, safety and ethical amicability [11-13].

## **Materials and Methods**

### ***Population and recruitment***

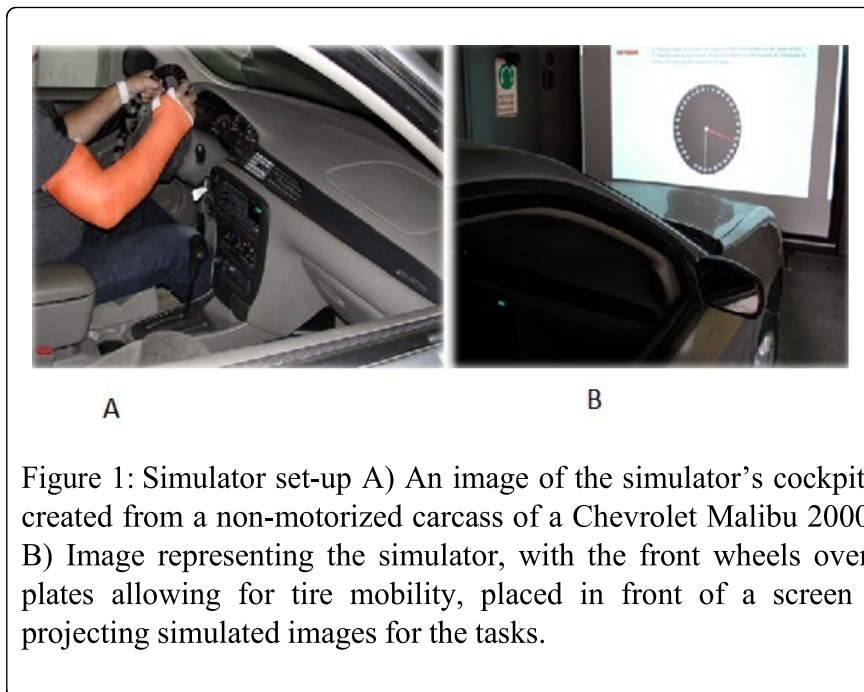
Upon the approval of the Ethics Committee of the Research Center on Aging at the Health and Social Services Centre-Institut Universitaire de Gériatrie de Sherbrooke (CSSS-IUGS) for this pilot experimental study, volunteers aged between 18 and 60 years in possession of a valid driver's license with two years or more of driving experience capable of driving an automatic transmission car were recruited using flyers, personal contacts and the snowball method. Exclusion criteria included: pathologies known to affect driving abilities; abusive use of alcohol, drugs or psychotropic medication; motion sickness; and invalidating visual or skeletal impairments. The participants were representative of an average population, and each acted as his own control.

### ***Driving simulator***

In order to recreate the real space available in the cockpit of a car, a real non-motorized carcass was used (2000 Chevrolet Malibu). This automatic transmission car was then placed in a garage at the research centre with the front wheels over plates allowing for tire mobility (Figure 1); the instrumentation of the car permitted the measurement of turning angles through tire rotation. A spring was attached to the cable connected to the pedal of the accelerator to allow resistance to palliate the absence of the engine. The master cylinder of the braking system was missing therefore, it was necessary to connect the hydraulic system in a loop to recreate the effect of the brake. For simulated vehicle control, the steering column was instrumented with a linear potentiometer. The different driving scenarios using STISIM Drive Software were elaborated in order to be sufficiently challenging according to the aim of the study and were projected on a 3 × 6 feet screen in front of the vehicle. In order to prevent or reduce the participant's discomfort while conducting the tests on the simulator, Stern's protocol (2006) was applied.

### ***Procedure***

Following informed consent and collection of sociodemographic data, each participant was permitted a practice session on the driving simulator before the actual simulated protocol began. For each participant, three independent conditions were investigated: driving without immobilization, driving with a right above-elbow arm immobilization and driving with a left above-elbow arm immobilization. The order of occurrence of each condition was randomized to minimize confounding bias. The upper-arm immobilization was installed and removed by a qualified professional. Total time to complete data collection was 60 minutes, including the time to complete the questionnaires, the three driving tests sequence and the cast installation and removal.



### ***Measurements of driving performance***

Driving performance was assessed on the simulator using a combination of controlled tasks (Task-1: maximum range of motion (ROM) in turning the steering wheel; Task-2: ability to react to direction changes) and simulated driving scenario (Task-3). For Task-1, participants were instructed to keep both hands on the car's steering wheel at all times at the 10:2 position in accordance to driving safety examination guidelines. Both left and right maximum ROM were measured; the subjects were asked to turn the steering wheel to the maximum amplitude possible to the right and to the left without time constraint and

with as many tries as they wished. One measurement for each was registered. Task-2 was designed to be representative of emergency maneuvers in terms of visual-perceptual abilities and speed of information processing related to time constraint. During this task, the actual steering wheel orientation was represented by a green needle and the desired orientation, by a red needle (Figure 2). Every two seconds, the red needle was automatically moved to one of the twenty-three predetermined angular positions. Participants were instructed to follow the red needle as quickly and precisely as possible. The ability to react to sudden distraction was measured using the angular deviation concept, defined as the difference between the stabilized angular position of the steering wheel and the targeted angular position, as well as the angular precision concept, defined as the difference between the over or under achieved angle during the pursuit of the target and the actual target position. For example, if the targeted angle is  $60^\circ$  and the subject reaches  $68^\circ$  but stabilizes his efforts at  $63^\circ$  then, angular deviation is  $3^\circ$  while angular precision is  $8^\circ$ .

The on-road driving test (Task-3) assessed trajectory control which refers to the operational aspect of driving representative of driver's behavior in actual driving situations. For this task, participants were asked to follow a standardized path as rigorously as possible without constraint of time or speed but keeping both hands on the wheel (Figure 2). Collected variables include time to completion, average speed and off-road driving parameters (number of off-road driving events, distance travelled on either side of the road during such events and the duration of the events).

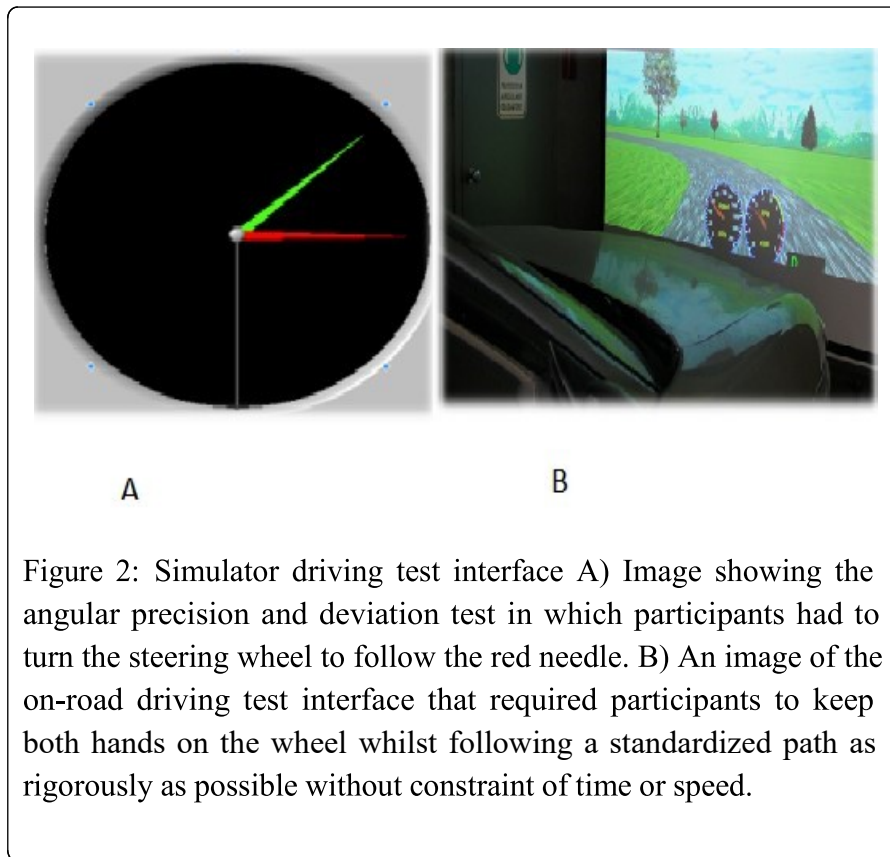


Figure 2: Simulator driving test interface A) Image showing the angular precision and deviation test in which participants had to turn the steering wheel to follow the red needle. B) An image of the on-road driving test interface that required participants to keep both hands on the wheel whilst following a standardized path as rigorously as possible without constraint of time or speed.

In addition to the driving tasks, several descriptive variables were measured for each of the independent conditions tested (right above-elbow arm immobilization, left above-elbow immobilization and no immobilization). Handgrip strength was measured with a JAMAR<sup>®</sup> dynamometer. Participants were asked to grip as tightly as possible three consecutive times, and the average strength was recorded. Participant perception in regard to difficulty, safety, physical discomfort and fatigue was also measured with visual analog scales (VAS) from 0 (none) to 10 (extreme) after each tests sequence on the simulator (i.e. for each independent condition).

### ***Statistical analysis***

For the sociodemographic questionnaire, for the continuous variables, mean average and standard deviation were calculated while for the categorical data, percentage was presented. In the data generated for the angular precision and deviation, the first and last angular positions were excluded from the analysis as they were prevaricating the results. For the variables associated with the driving simulator, a non-parametric Friedman test was done followed by a Wilcoxon signed ranked test with alpha equal to 0.05.

## Results

Twelve (12) volunteered participants were recruited with mean age of 31.58 and an equal distribution of male and female participants (Table 1). For the comparisons, right and left arm immobilization were each compared to the absence of immobilization. In terms of the maximum ROM to the right there is significant difference  $p<0.001$  when comparing right-hand immobilization and lack thereof (Table 2,  $p<0.001$ ). A significant difference was found for the maximum ROM to the left both with right-arm ( $p=0.038$ ) and left-arm ( $p<0.001$ ) immobilization when compared to the absence of immobilization (Table 2). For both right and left arm immobilization the hand-grip was also significantly decreased (Table 2,  $p<0.001$ ). Participants perceived that it was significantly more difficult and unsafe to drive with both right and left arm immobilization (Table 2,  $p=0.003$ ).

**Table 1: Sociodemographic and anthropometric characteristics and driving (n=12)**

Characteristics		Mean $\pm$ SD	Number (n)	Percentage (%)
Age (years)		31.58 $\pm$ 11.45	-	-
Weight (lbs)		162.17 $\pm$ 36.86	-	-
Height (m)		1.69 $\pm$ 0.10	-	-
Driving experience (years)		13.5 $\pm$ 12.01	-	-
Driven kilometers annually ( $\times$ 1000)		16.67 $\pm$ 9.37	-	-
Number of collisions (road accidents)		1.08 $\pm$ 1.17	-	-
Number of driving infractions (excluding parking)		1.25 $\pm$ 1.60	-	-
Perceived tiredness before study		3.29 $\pm$ 1.25	-	-
Hand length (cm)		18.75 $\pm$ 1.23	-	-
Forearm length (cm)		25.63 $\pm$ 3.05	-	-
Arm length (cm)		29.96 $\pm$ 3.41	-	-
Gender	Men	-	6	50
	Women	-	6	50
Dominant hand	Right	-	11	92
	Left	-	1	8
Ability to drive automatic transmission vehicle	Yes	-	9	75
	No	-	3	25
Upper limb immobilization experience	Below elbow	-	2	17
	Above elbow	-	1	8
	None	-	9	75

In simulated driving conditions, normalized angular deviation have shown a significant difference with right ( $p=0.019$ ) immobilization as compared to the control group (without immobilization, but not with left ( $p=0.050$ ) immobilization, Table 2). However, for the angular precision, no significant differences were noted. For all the parameters of simulated on-road driving (total time to complete the course, average speed and all details regarding road deviation), no significant difference was observed (Table 2).

**Table 2: Simulated on-road driving part 1 of 2**

Clinical outcomes		Conditions			p-value		
		Without Immobilisation (NoC) (Mean $\pm$ SD)	Right arm Immobilisation (RC) (Mean $\pm$ SD)	Left arm Immobilisation (LC) (Mean $\pm$ SD)	Global Difference*	Difference NoC–RC **	Difference NoC–LC**
Clinical parameters							
ROM to the right (o)		153.89 $\pm$ 9.57	97.62 $\pm$ 9.57	135.36 $\pm$ 9.57	p<0.001	p<0.001	p=0.097
ROM to the left (o)		-151.93 $\pm$ 9.35	-136.35 $\pm$ 9.35	-93.01 $\pm$ 9.35	p<0.001	p=0.038	p<0.001
Norm. Angular deviation (%)		5.6 $\pm$ 3	10.7 $\pm$ 7.9	9.5 $\pm$ 4.8	p=0.017	p=0.019	p=0.05
Norm. Angular precision (%)		5.6 $\pm$ 3	11.8 $\pm$ 5.5	11.2 $\pm$ 3.1	p=0.125	--	--
Hand grip	Right	37.39 $\pm$ 10.78	24.37 $\pm$ 12.41	--	--	p<0.001	--
	Left	36.55 $\pm$ 10.60	--	24.57 $\pm$ 12.89	--	--	p<0.001
Autoperception questionnaire	Difficulty	2.67 $\pm$ 2.19	5.38 $\pm$ 2.14	5.71 $\pm$ 1.60	--	p=0.003	p=0.003
	Security	1.0 $\pm$ 1.28	3.83 $\pm$ 2.33	4.50 $\pm$ 2.75	--	p=0.003	p=0.003
	Discomfort	0.17 $\pm$ 0.58	1.83 $\pm$ 2.41	1.42 $\pm$ 2.07	--	p=0.078	p=0.058
	Tiredness	1.08 $\pm$ 1.51	1.75 $\pm$ 1.49	1.83 $\pm$ 1.64	--	p=0.066	p=0.066





## **Discussion**

Driving performance is attributable to control maneuvers, trajectory control and reaction to obstacles, such as pedestrians and emergency reactions. The operational level of driving relates the information processing speed and visual perceptual abilities to perform the actions [14, 15]. Control maneuvers, trajectory control and reaction to obstacles reflect the subject's physical abilities; time constraint linked to control maneuvers and reaction to obstacles can be challenging as reaction time may be affected by physical limitations such as an arm immobilization. The perception of the added challenge may be sufficient to alter one's decision to drive with the limitation. At first glance, patient perception may seem unimportant, yet one's perception of their ability to drive will determine their final decision to that effect [7]. In this pilot study, like in the Chong's study [7], they could have an increase in participants' perceived difficulty and insecurity with an above-elbow arm immobilization in comparison to the absence of immobilization. It is important to note that, considering the impacts on their daily activities, 50% of the patients with an upper limb immobilization have been shown to choose to drive despite their perception of increased difficulty and insecurity [4]. This underlines the importance of providing evidence-based guidelines for driving instructions with an immobilization.

As such, in this pilot study, we principally concentrated our evaluation on control maneuvers including maximum ROM, angular deviation and precision. Upon analysis of the maximum ROM, we found significant differences with an above-elbow immobilization. Left immobilization significantly affected full ROM to the left, yet ROM to the left and to the right were both significantly decreased with a right arm immobilization. This implies that large amplitude turns in driving situations are affected and may alter the driving security more so with the right arm in an above-elbow immobilization. This finding coincides with those of Gregory et al. [8]. However, Gregory's study was conducted in the United Kingdom, where the layout of the car's cockpit is different, in that the driver side is on the right. As the armrest to the right may be conjectured to have been a nuisance with right arm immobilization for the vehicle in Gregory's study, the car door may have been as well in our study. In addition to the car's door on the side of the immobilization representing a limitation to driving performances, in this study, the armrest proved to be as well. In their study, Hasan et al. [16]

results suggested that sling immobilization of the dominant driving arm decreases driving performance and safety in terms of number of collisions in a simulated driving circuit. However, in our study, only one subject presented the left arm as dominant, therefore, it is unlikely to be able to discriminate the impacts of hand dominance in relation to driving performance amongst the subjects. Finally, left arm immobilization is limiting to the maximum ROM to the left, in conjunction with observations made by Chong et al. [7] whose study was conducted in the United States of America.

In terms of trajectory control (the on-road simulation driving), the absence of significant outcomes concurs with Hasan's findings [16]. There may be two possible explanations for our observations: 1) participants used their free thumb and the hollow of the palmar joint for better grip on the steering wheel and therefore better control; and/or 2) the trajectory scenario may have been less discriminatory than anticipated. The use of the palmar crease was observed as well in Kalamaras' study [4], which confirm that the participants resort to compensating adjustments when incapacitated by the immobilization. Even though the immobilization may be restraining, adaptive measures were developed by the participants to compensate the limitations and thus enabling them to drive unencumbered along a trajectory without hazardous events. This is in agreement with Gregory and al. [8], where they found driving deteriorates in response to hazardous events.

Normalized angular deviation, which was designed to portray the reaction to emergency maneuvers in terms of visual-perceptual abilities and speed of information processing related to time constraint, was significantly affected by an immobilization on the right arm, but not on the left. On the other hand, Mansour et al. [10] concluded that driving with a short arm cast did not significantly decrease steering ability in a driving simulator. This divergence could be explained by the type and length of the immobilization (long vs short and rather elbow joint was immobilized or not); the extent of functional impairment by immobilization is based on the type of immobilization device, side of immobilization with regards to handedness, the length of the cast 10. Chong et al. [7] found that a splint on the left arm (especially above-elbow thumb Spica splint) was associated with significant driving performance degradation but hand dominance could not be singled out as a factor due to

small sample size. It was suggested in the same study that the worsened performance on the left immobilized arm was potentially due to visual and spatial constraints associated with a left-sided drive seat. In our study, length of the cast (long) as well as hand dominance and the arm rest of the car (cockpit configuration) could explain the difference observed between the two studies since most subjects, except for one, reported being right handed and the right arm immobilization proved to be significantly more encumbering. In a post hoc analysis, Gregory et al. [8] revealed that right hand dominance of the participants in their study could explain more pronounced deterioration with right arm casts; their study however was conducted in the UK where the cockpit configuration is different. Chong et al. [7] suggests that an alternate explanation for more pronounced deterioration of driving performance is having the immobilized arm on the same side as the driver's seat which is not what is observed in our study and therefore the divergence could be attributable to the arm rest of the car used for our study. Hasan et al. [16] suggest altogether that sling immobilization does impede the driver's ability to effectively perform evasive maneuvers because the use of a single upper extremity is not sufficient to properly react to road hazard. In accordance, though not statistically significant, the immobilization on the left arm also indicates a decrease in driving performance in terms of emergency maneuvers as well as the right arm (which proved to be statistically significant). This also converges with Kalamaras et al. (2006) [4] advising against driving in a long upper arm cast as it was deemed unsafe especially when it comes to executing turns and reverse parking. However, having normalized angular precision not generating any significant result may be explained by the way the test was initially designed and could be attributed to three possible reasons: the angle values were not equitably distributed around  $0^\circ$ ; the number of left turns was not equal to the number of right turns (eight vs. fourteen in addition to the initial angle); and left turn angles were generally wider than the right ones. Therefore, this generated results that were, in general, more tedious to analyse and as such, unsuccessful in showing discriminant observations. Furthermore, we show a significant decrease in handgrip with an immobilization on either arm, which implies decreased steering grip aptitude, thus diminished control for maneuvers necessary to react to obstacles and emergency situations. Consequently, on-road driving without hazardous challenges does not seem to be incapacitating with an arm immobilization on either side, it is rather the responses to hazardous events that proves to be significantly more challenging

and incapacitating, especially on a right arm immobilization. The use of a simulator in this type of study is justified on an ethical point of view (i.e., security). However, the validity of the results is directly related to the representativeness of the set-up as and the tasks performed. As described earlier, the set-up was built out of a real car to ensure representativeness of the physical restrictions involved in driving (physical obstacles such as the door, steering wheel force feedback). Driving performance was first evaluated using controlled tasks to isolate the desired aspect of driving (i.e., ROM and ability to react to sudden distraction), limiting confounding variables to act upon the results. On-road simulated task was performed using STISIM drive software, recognized as a reference for this type of study. However, the flat screen used to project the trajectory might have limited the realism of the situation. Despite these efforts to maximize validity, the actual impact of the identified limitations in true on-road situations is difficult to evaluate as it depends upon the type of vehicle used, the speed as well as the actual trajectory pursued.

Even though there are some limitations to this study, the findings contribute greatly to present literature as the results confirm the outcomes of some previous studies' observations, which adds weight to their value. It is also one of a few studies which concentrate on the characterization of above-elbow arm immobilization especially including many functional aspects of driving and therefore constitutes valuable basis for future findings. The professional diversity and multidisciplinary of the research team proved to be very valuable through the expertise injected in the project in terms of technical, conceptual and insightful contributions. However, the small sample size of this study brings certain limitations to the conclusions that may be extracted from the results such as the inability to determine whether laterality is a determining factor in this case. It would require a bigger sample and more testing to determine clinical significance, both left and right arm immobilization affect driving performance and safety. Therefore, it is advised to forego a more in-depth investigation with more participants in order to validate the results as it may be valuable to also use a curved 180° (or even 360°) screen installation for the simulation.

## **Conclusion**

We found that above-elbow right arm immobilization was significantly affecting, right and left maximum ROM of the steering wheel while left above elbow immobilization was only

significantly affecting left maximum ROM. A significantly decreased handgrip, indicative of decreased grip aptitude, on both right and left above elbow immobilization and a significant effect on normalized angular deviation in right above elbow immobilization suggests the possibility of diminished control for maneuvers necessary to react to obstacles and emergency situations. Importantly, we also found that there is an increase in participants' perceived difficulty and insecurity while driving with an above elbow immobilization in a simulated condition. Therefore, above-elbow upper limb immobilization might have a significant effect on driving performance and more so for right above elbow arm immobilization.

## References

- [1] Von Arx OA, Langdown AJ, Brooks RA, Woods DA (2004) Driving whilst plastered: is it safe, is it legal? A survey of advice to patients given by orthopaedic surgeons, insurance companies and the police. *Injury* 35: 883-837.
- [2] Berger JT, Rosner F, Kark P, Bennett AJ (2000) Reporting by physicians of impaired drivers and potentially impaired drivers. *J Gen Intern Med* 15: 667-672.
- [3] Kennedy MT, Roche S, Lenehan B, Curtin W (2006) Driving plastered : driving habits of orthopaedic outpatients and the medico-legal implications. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 16: 228-230.
- [4] Kalamaras MA, Rando A, Pitchford DG (2006) Driving plastered: who does it, is it safe and what to tell patients. *ANZ J Surg* 76: 439-441.
- [5] Edwards MR, Oliver MC, Hatrick NC (2009) Driving with a forearm plaster cast: patients' perspective. *Emerg Med J* 26: 405-406.
- [6] Stevenson HL, Peterson N, Talbot C, Dalal S, Watts AC, et al. (2013) An objective assessment of safety to drive in an upper limb cast. *J Hand Surg Eur* 38: 321-324.
- [7] Chong PY, Koehler EA, Shyr Y, Watson JT, Weikert DR, et al. (2010) Driving with an arm immobilized in a splint: a randomized higher-order crossover trial. *J Bone Joint Surg Am* 92: 2263-2269.
- [8] Gregory JJ, Stephens AN, Steele NA, Groeger JA (2009) Effects of upperlimb immobilisation on driving safety. *Injury* 40: 253-256.
- [9] Blair S, Chaudhri O, Gregori A (2002) Doctor, can I drive with this plaster? An evidence-based response. *Injury* 33: 55-56.

- [10] Mansour D, Mansour KG, Kenny BW, Attia J, Meads B (2015) Driving with a short arm cast in a simulator. *J Orthop Surg (Hong Kong)* 23: 327-330.
- [11] Shechtman O, Classen S, Awadzi K, Mann W (2009) Comparison of driving errors between on-the-road and simulated driving assessment: A validation study. *Traffic Inj Prev* 10: 379-385.
- [12] Lee HC, Cameron D, Lee AH (2003) Assessing the driving performance of older adult drivers: on-road versus simulated driving. *Accid Anal Prev* 35: 797-803.
- [13] Mayhew DR, Simpson HM, Wood KM, Lonero L, Clinton KM, et al. (2011) On-road and simulated driving: concurrent and discriminant validation. *J Safety Res* 42: 267-275.
- [14] Michon J (1985) A critical review of driver behavior model: What do we know, what should we do? *Human behavior and traffic safety*, New York: Plenum Press pp. 487-525.
- [15] Lindstrom-Forneri W, Tuokko H, Garrett D, Molnar F (2010) Driving as an Everyday Competence: A Model of Driving Competence and
- [16] Jazrawi LM, Stanton T, Hasan S, Chay E, Nayyar S, et al. (2012) Drivers wearing arm slings shouldn't drive: shoulder immobilization hinders

## **CHAPITRE 7: DISCUSSION**

Cette section fait un rappel de l'objectif principal et des objectifs secondaires du projet de recherche en plus de faire le parallèle entre les résultats obtenus et les écrits scientifiques disponibles à ce sujet. Plus particulièrement, il s'agit d'expliquer les similitudes et différences avec les études disponibles en plus de présenter certaines particularités des résultats de notre étude. De plus, les limites ainsi que les retombées potentielles de l'étude y sont présentées.

### **7.1 Rappel de l'objectif principal et des objectifs secondaires de l'étude**

L'objectif principal de ce projet de recherche était de caractériser les effets d'immobilisation BAB du côté gauche et du côté droit sur la performance de conduite automobile au niveau opérationnel lors de tâches simulées afin d'en déterminer les impacts sur la sécurité. Il s'agissait plus précisément de tâches liées aux manœuvres de contrôle et au contrôle de trajectoire. Ce projet de recherche avait également deux objectifs secondaires. Le premier était de déterminer via un questionnaire d'auto-perception la difficulté, l'insécurité, les malaises physiques et le niveau de fatigue perçu par les participants en lien avec la conduite automobile simulée avec une immobilisation BAB et en l'absence d'immobilisation. Le deuxième objectif secondaire visait à évaluer l'impact d'immobilisation BAB sur la force de préhension.

Selon le Code de la sécurité routière du Québec, toute immobilisation d'un membre est incompatible avec la conduite automobile. Toute personne ayant une immobilisation doit préalablement obtenir un rapport d'évaluation de la conduite automobile en ergothérapie avant de recommencer à conduire. Les délais d'attente pour l'obtention d'un tel rapport peuvent être très longs considérant la durée d'une immobilisation temporaire. Ce règlement semble pertinent dans le cas d'une incapacité permanente, mais très contraignant en cas d'incapacité temporaire.



Une étude au CIUSS de l'Estrie – CHUS indiquait qu'une majorité de patients continuent de conduire avec leur immobilisation (étude interne non publiée). Il y a peu d'écrits scientifiques disponibles actuellement en lien avec la conduite automobile avec une IMS. Considérant les divers impacts financiers et socio-économiques qu'une incapacité à conduire entraîne pour la personne immobilisée, il s'avérerait pertinent de vérifier les effets d'une immobilisation BAB sur les performances de conduite en simulateur. Il s'agissait plus spécifiquement de vérifier si le port d'une immobilisation BAB affecte les paramètres de performance en conduite simulée pour ce qui est des tâches opérationnelles de conduite automobile (manœuvre de contrôle et contrôle de trajectoire).

## **7.2 Similarités et disparités entre les résultats obtenus et les écrits scientifiques disponibles**

### ***7.2.1 Restrictions plus limitatives avec une IMS droit***

Avec une IMS droit, les restrictions semblent être plus limitatives (Gregory et al., 2009) ce qui concorde avec les résultats obtenus dans la présente étude. L'amplitude de mouvement maximale à droite et à gauche sont significativement affectées par une IMS droit alors que seulement l'amplitude de mouvement maximale à gauche est affectée par une IMS gauche.

L'étude de Grégory et collègues s'est déroulée au Royaume Uni ce qui signifie que le côté conducteur est différent; le côté conducteur est à droite. Les résultats semblent indiquer que l'habitacle du véhicule n'a pas d'effet sur l'amplitude de mouvement. Ainsi, il est à supposer que si l'habitacle du véhicule avait un impact sur l'amplitude de mouvement, dans notre étude, le côté gauche devrait probablement ressortir comme étant significativement plus limitatif, ce qui semble être le cas.

Durant notre étude, il a été observé que l'accoudoir (se situant à droite du conducteur) était utilisé à l'occasion par les participants comme appui. Donc, tout comme dans l'étude de Grégory (2009), où le côté de la portière à droite peut avoir nuit aux participants avec une immobilisation à droite, dans notre étude, l'accoudoir à droite peut avoir eu ce même effet pour les participants avec une immobilisation à droite. Ceci pourrait d'ailleurs expliquer

pourquoi l'amplitude de mouvement maximale à gauche est affectée significativement par le port d'une immobilisation à gauche dû à la portière à gauche limitant les mouvements et à droite dû à l'accoudoir alors que l'amplitude de mouvement maximale à droite est uniquement significativement affectée par le port d'une immobilisation à droite,

Une autre explication possible indiquant pourquoi l'amplitude de mouvement maximale est uniquement significativement affectée par le port d'une immobilisation à droite est en lien avec l'étude de Hasan (2015), qui suggère que le port d'une immobilisation du côté dominant affecte significativement la conduite automobile. Cependant, notre taille d'échantillon est trop petite pour nous permettre de tirer de telles conclusions en lien avec les effets du port d'immobilisation du côté dominant. Dans le cas de notre étude, onze des douze participants avaient indiqué le côté droit comme côté dominant. Considérant que la majorité des participants étaient droitiers, est-ce que cela explique le fait que le port d'une immobilisation BAB est plus contraignant pour la conduite automobile du côté droit? Cette déduction serait à valider dans une future étude.

### ***7.2.2 Diminution de la performance : manœuvre de contrôle, préhension, réaction aux changements de direction et contrôle de trajectoire***

Selon les trois modèles théoriques présentés antérieurement dans le cadre conceptuel de ce mémoire (Michon, J. A., [1985], Brouwer et al., [2002], Lindstrom-Forneri et al., [2010]) la performance est tributaire de plusieurs facteurs dont le comportement fonctionnel au niveau opérationnel qui fait référence entre autres aux manœuvres de contrôle, au contrôle de trajectoire et à la réaction aux obstacles. Le niveau opérationnel de la conduite relie la vitesse d'analyse de l'information à la perception visuelle. Cette perception visuelle fait en partie référence aux actions nécessaires afin de répondre aux exigences liées à la conduite. Les manœuvres de contrôle, contrôle de trajectoire et réactions aux obstacles sont, entre autres, dépendantes des habiletés physiques de la personne. Une limitation fonctionnelle influence le temps de réaction et donc, conséquemment, les manœuvres de contrôle et de réactions aux obstacles.

La perception du défi supplémentaire est susceptible de modifier la décision du conducteur de conduire ou non en lien avec sa limitation. Par exemple, si le conducteur perçoit qu'il est trop contraignant de conduire avec sa limitation fonctionnelle, celui-ci sera davantage porté à éviter de conduire. La perception qu'a le conducteur de ses capacités à conduire est susceptible d'influencer sa décision finale en lien avec son choix de conduire ou non avec sa limitation fonctionnelle. Par exemple, cela suppose que si celui-ci perçoit qu'il ne se sent pas incommodé par son immobilisation et qu'il juge que ses capacités de conduite ne sont pas affectées par son immobilisation, il choisira fort probablement de reprendre ses activités de conduite. Dans le cas contraire, c'est-à-dire, s'il juge que l'immobilisation nuit à ses capacités, il s'abstiendra possiblement de reprendre ses activités de conduite jusqu'à ce que sa perception change. Dans tel cas, la perception qu'a le conducteur de sa performance de conduite et de ses capacités à conduire auront un impact sur sa décision de conduire avec son immobilisation.

Dans cette section, il sera question de la diminution de la performance de conduite avec une immobilisation en lien avec les manœuvres de contrôle soit l'amplitude de mouvement maximale, la force de préhension, la réaction aux changements de direction et le contrôle de trajectoire.

#### ***7.2.2.1 Manœuvre de contrôle et préhension***

Pour ce qui est des manœuvres de contrôle, au niveau de l'amplitude de mouvement, celle-ci est significativement diminuée et est plus limitative avec une immobilisation du côté droit. Cela indique donc que l'immobilisation BAB d'un membre supérieur, spécialement du côté droit, réduit l'amplitude de mouvement maximale limitant ainsi les possibilités de virage de grande amplitude en situation de conduite. De façon additionnelle, une immobilisation au membre supérieur à gauche limite l'amplitude de mouvement maximale vers la gauche correspondant ainsi aux résultats obtenus par l'étude de Chong (Chong, Paul Y.; 2010). Cela implique qu'il sera probablement plus difficile de tourner du côté gauche en situation de conduite.

Par ailleurs, il importe de rappeler qu'une bonne préhension est tributaire d'un meilleur contrôle et d'une meilleure capacité à manipuler le volant du véhicule (Bassolino et al., 2012). Cette aptitude permet donc des manœuvres de contrôle efficaces et adéquates pour réagir aux obstacles et situations d'urgence. Une autre étude a fait la démonstration qu'une bonne préhension est tributaire d'un meilleur contrôle. En effet, Jones et ses collaborateurs (2016) ont démontré qu'une immobilisation plâtrée spica incluant le pouce du côté gauche ou droit entraîne une perte de contrôle du véhicule. Il est donc recommandé de ne pas conduire avec une immobilisation spica (incluant le pouce) anté-brachiale du côté droit ou gauche.

Dans notre protocole, le pouce n'était pas immobilisé. Toutefois, nos résultats pour la force de préhension avec le dynamomètre de JAMAR ont démontré qu'elle diminue significativement avec une IMS BAB soit avec une immobilisation jusqu'au pli palmaire. Puisque la force de préhension est significativement diminuée avec le port d'une immobilisation BAB au membre supérieur et qu'en simulateur l'AMM soit significativement diminuée, il est probable que les participants soient moins aptes à manipuler le volant afin de réagir adéquatement aux mouvements de grandes amplitudes. Ceci pourrait se traduire possiblement en de moins bonnes aptitudes à bien réagir aux situations d'urgence.

#### ***7.2.2.2 Manœuvre de contrôle et changements de direction***

L'écart angulaire et la précision servaient à évaluer la performance en lien avec les manœuvres de contrôle selon une contrainte temporelle (deux secondes pour atteindre chaque angle indiqué à l'écran). Dans ce cas-ci, il n'y avait pas d'obstacle à l'écran, mais bien une représentation de la vitesse de réaction nécessaire en cas d'évitement d'obstacle quelconque via l'épreuve de changement de direction. Les résultats de notre étude indiquent qu'avec le port d'une IMS BAB, les participants présentaient un plus grand écart angulaire qu'en l'absence d'immobilisation; l'écart angulaire est représentatif de la valeur absolue de la différence entre l'angle à atteindre à l'écran et l'angle atteint par le sujet. Notre équipe de recherche avait élaboré une épreuve spécifique afin d'évaluer la vitesse de traitement de l'information à la suite d'une contrainte temporelle et la capacité de réaction avec une immobilisation BAB.

La réaction aux obstacles et plus précisément dans ce cas-ci les changements de direction est tributaire des manœuvres de contrôle dans un contexte de contrainte temporelle. Dans le cas de notre étude, il s'agit de la contrainte de temps (deux secondes) pour atteindre chaque angle indiqué à l'écran. Le fait que la précision ne soit pas significativement affectée suggère que la capacité de réaction aux obstacles des participants en lien avec la conduite automobile est potentiellement diminuée par le port d'une immobilisation BAB. Ainsi les résultats obtenus suggèrent qu'avec une immobilisation BAB, les participants réagissent moins bien aux manœuvres de contrôle nécessaires aux situations d'évitement d'obstacles et de réaction potentielle aux éléments du hasard. Dans la présente étude, la réaction aux éléments du hasard n'était pas directement évaluée, mais plutôt liée aux résultats obtenus pour les écarts angulaires par rapport aux changements de direction. Toutefois, le fait que les résultats des épreuves de conduite indiquent que le port d'une immobilisation n'affecte pas la précision angulaire atteinte pourrait suggérer entre autres deux choses : 1) les participants démontraient une bonne capacité visuo-perceptive et 2) une bonne vitesse de traitement de l'information.

En somme, pour ce qui est des manœuvres de contrôle et de réaction aux obstacles, les résultats de la présente étude correspondent à ceux de Chong et collègues (Chong et al., 2010) suggérant qu'il y a une diminution significative de la performance évaluée en conduite simulée avec le port d'une immobilisation au membre supérieur. Notre étude démontre que plusieurs éléments de la performance sont affectés par le port d'une immobilisation au MS dont l'écart angulaire pouvant se traduire par les manœuvres de contrôle. Conséquemment, ces lacunes peuvent avoir un impact sur la sécurité en conduite automobile en concordance avec les études de Jones (2016) et Hasan (2016). Cette étude contribue grandement aux écrits scientifiques actuels en y apportant des données sur lesquelles élaborées en lien avec la conduite automobile et certains facteurs de performance.

#### ***7.2.2.3 Contrôle de trajectoire***

Pour la conduite simulée sur route, rappelons que les variables mesurées étaient : le temps total du parcours, la vitesse moyenne et toutes les variables en lien avec les sorties de route à droite et gauche pour ce qui est des notions de contrôle et de tenue de route (nombre total

des sorties de route, temps total lors des sorties de route, distance totale parcourue lors des sorties de route, temps moyen total et distance moyenne totale). Puisqu'aucune des variables mesurées pour l'épreuve de conduite sur route en simulateur n'a généré de résultat significatif, le port d'une immobilisation BAB n'a pas démontré d'effet significatif sur le maintien de la route et donc, sur le contrôle de trajectoire.

Le contrôle de trajectoire fait partie des tâches opérationnelles de conduite automobile; il s'agit d'une des deux composantes mesurées pour la performance de conduite dont la première était les manœuvres de contrôle. Dans son étude, Jazrawi a également observé des résultats similaires: pas de différence significative pour le positionnement du véhicule, taux de manœuvres, accélération et distances aux objets sur la route en absence de collision (Jazrawi et Stanton, 2012). Entre autres, deux explications semblent plausibles au fait que le contrôle de trajectoire n'ait pas généré de résultats significatifs: les participants utilisaient des mécanismes de compensation ou le scénario de conduite simulée n'était pas suffisamment difficile et discriminant.

- 1) Les participants utilisaient leur pouce libre et la jointure du creux palmaire comme appui pour une meilleure préhension du volant avec leur immobilisation et donc, un meilleur contrôle. Cette observation a également été faite par Kalamaras (2006) où les participants ayant de la difficulté en lien avec la préhension du volant utilisaient le pli palmaire du plâtre comme appui. Ceux qui ne démontraient pas de difficulté utilisaient probablement le membre non-immobilisé en plus des doigts du membre immobilisé pour faciliter la manipulation du volant. Toutefois, il n'est pas possible de valider cette suggestion; il aurait été pertinent de filmer les comportements des conducteurs lors des épreuves afin de mieux analyser les stratégies compensatoires utilisées.
- 2) Une deuxième explication est qu'il est possible que le scénario élaboré pour l'épreuve de conduite sur route en simulateur ne soit pas assez discriminant afin de permettre d'observer des différences significatives au niveau des variables mesurées. Il est possible que les scénarios proposés n'étaient peut-être pas assez difficiles afin de faire

ressortir les difficultés des participants. Bien que celui-ci proposait différentes possibilités dont la conduite en bordure de falaise et en forêt, il aurait probablement fallu y inclure entre autres des virages à des intersections, des demi-tours, des manœuvres de recul, des dépassements et changements de voies ce qui correspond davantage à certaines réalités des exigences courantes de la conduite automobile. Ces différentes possibilités permettraient alors de valider plus de possibilité de réalités pouvant survenir en conduite sur route. Toutefois, bien que l'étude de Hasan (2015) proposaient des scénarios de conduite sur route avec l'ajout d'éléments inattendus, la conduite simulée n'a pas généré de résultats significatifs non plus. Donc, dans une prochaine étude, il serait pertinent d'évaluer davantage divers scénarios de situations se rapprochant des réalités en conduite réelle pouvant avoir un impact significatif sur la performance de conduite, soit la diminution de celle-ci.

### ***7.2.3 Auto-perception de la difficulté et de la sécurité***

Dans l'étude de Chong (2010), les participants percevaient une difficulté plus élevée à conduire et un plus faible sentiment de sécurité avec le port d'une immobilisation (Chong et al., 2010). Cet énoncé correspond parfaitement aux résultats de notre étude où les participants ont mentionné de façon significative avoir perçu plus de difficulté et d'insécurité à conduire avec une immobilisation BAB du MS droit et du MS gauche.

Ces résultats s'avèrent très pertinents considérant que, légalement, la décision ultime de conduire avec une immobilisation revient aux patients partout ailleurs dans le monde sauf au Québec où il est interdit de conduire avec toute immobilisation qu'elle soit temporaire ou permanente. Le modèle de Brouwer et de Lindstrom-Forneri mettent l'accent sur la notion que la perception du conducteur affectera conséquemment sa décision à conduire ou non. Au Québec, la législation devrait être modifiée afin de proposer une différenciation des exigences d'évaluation en ce qui a trait à une immobilisation permanente ou temporaire. Dans le cas d'une immobilisation temporaire, le patient pourrait, entre autres, être invité à se prononcer sur leurs aptitudes à conduire selon des paramètres prédéterminés d'auto-perception avant le retour à la conduite automobile.

## 7.3 Limites de l'étude

### 7.3.1 Taille et caractéristiques de l'échantillon

La première chose dont il faut tenir compte, c'est qu'il s'agit ici d'un petit échantillon et donc d'une étude à faible puissance. De plus, l'échantillon était constitué de participants sains qui ne sont pas en proie avec de la douleur, des limitations additionnelles liées à une immobilisation de longue durée ou des médicaments. Donc, on ne peut généraliser à un patient ayant une immobilisation de type BAB à la suite d'une fracture.

La petite taille de l'échantillon ne permet pas de discriminer les résultats en lien avec les données sociodémographiques ainsi que les autres résultats non-significatifs (dont les paramètres liés au maintien de la trajectoire lors de la conduite simulée sur route). Par exemple, on ne peut valider que lors des épreuves en conduite simulée, le côté droit était davantage contraint par le port d'une immobilisation parce qu'il s'agissait du côté dominant de la plupart des participants. Dans le cadre conceptuel, selon le modèle de Brouwer, le questionnaire sociodémographique élaboré pour ce projet de recherche permettait de mettre en évidence les facteurs individuels et personnels affectant la conduite automobile pour chacun des participants avec une interaction entre les aptitudes, compétence et comportement de conduite. Bref, la petite taille de l'échantillon n'a pas permis de mettre en parallèle l'historique de conduite, l'état de santé, les informations personnelles, etc.

### 7.3.2 Analyses statistiques, puissances et erreur de type II

Il est également possible que certains des résultats n'aient pas généré d'effets significatifs qui devraient pourtant exister (erreur du deuxième type) en raison de la petite taille d'échantillon, de la taille d'effet trop exigeant bien que le seuil de signification soit 0,05 et non 0,01. En fonction des tests statistiques effectués l'hypothèse nulle peut avoir été maintenue et l'hypothèse alternative rejetée en l'attribuant à la petite taille d'échantillon.

La puissance est la probabilité d'un test de rejeter l'hypothèse nulle pour l'hypothèse alternative. Dans ce cas-ci, pour calculer la taille d'échantillon désirée, la puissance a été fixée à 80% puisque c'est la barre acceptable. Toutefois, une fois les données collectées, il



est possible que la puissance soit différente en raison de la taille d'échantillon de 12 participants au lieu de 26 ce qui peut avoir généré certaines contradictions entre la significativité statistique et la significativité scientifique.

### ***7.3.3 Installations du simulateur***

Les installations pour le simulateur présentaient un écran plat selon les ressources disponibles. Toutefois, il aurait été préférable d'avoir un écran angulaire de 180 degrés afin de permettre des scénarios de virages compliqués sans perdre le contact visuel avec l'écran et donc, d'augmenter l'univers de simulation pour se rapprocher davantage de la réalité. Le scénario de conduite sur route a été élaboré avec un souci de ne pas perdre le contact visuel avec l'écran.

### ***7.3.4 Composantes de l'épreuve 2 : conduite simulée sur route***

En rétrospective, il aurait été possible et pertinent d'élaborer l'épreuve 2 de façon à être plus discriminante. Cela aurait été possible par l'ajout entre autres de scénarios de dépassement en situation de trafic, de traverses de piétons, de scénarios de demi-tour, etc. Cela aurait ajouté une diversité à celle-ci et aurait fait en sorte de pouvoir mieux déterminer l'impact d'une immobilisation du membre supérieur sur la conduite sur route en simulateur lors de l'apparition d'obstacles importants.

De plus, les immobilisations ont un impact sur le contrôle moteur et l'apprentissage. Dans ce cas-ci, plus spécifiquement parce qu'il s'agit d'une immobilisation de courte durée avec absence de douleur et d'analgésiques.

## **7.4 Forces et Retombées potentielles de l'étude**

L'équipe de recherche étant multidisciplinaire, elle était constituée de chirurgien orthopédique, physiothérapeute, ingénieur électrique, kinésiologue candidate à la maîtrise en sciences clinique, résident en médecine, technicien en ingénierie et bien plus. L'expertise de chacun a été mise à contribution à diverses étapes en lien avec différents aspects d'élaboration, de développement et de réalisation du projet de recherche. La diversité de leur

expertise a aidé entre autres à tenir compte d'une multitude d'aspects techniques et conceptuels dans l'élaboration des différentes étapes du projet.

Présentement, il existe très peu de publications sur l'implication de l'immobilisation du membre supérieur sur la conduite automobile et plus spécifiquement de la réalisation d'études à caractère expérimental. La présente étude vient donc ajouter des informations pertinentes aux écrits scientifiques disponibles actuellement. Elle présente entre autres les composantes de la conduite automobile selon trois modèles complémentaires sur lesquels s'appuie l'élaboration des épreuves en simulateur. L'utilisation de ces modèles permet donc de clarifier les sous-composantes de la performance en conduite automobile en lien avec la sécurité. Le modèle de Michon a permis de structurer les épreuves de conduite en simulateur.

De plus, la concordance des résultats obtenus avec des publications antérieures vient appuyer certaines observations qui pourront servir à l'élaboration de protocole spécifique d'évaluation des aptitudes à la conduite automobile de patients immobilisés à un membre supérieur. Le fait que plusieurs éléments de l'aspect fonctionnel (manœuvre de contrôle et maintien de la route/trajectoire de la conduite automobile) aient été évalués, cela permet de clarifier les composantes de la performance en conduite automobile tributaire de la sécurité. Cette étude documente donc davantage les effets d'immobilisation du membre supérieur sur la conduite automobile simulée et plus spécifiquement des immobilisations BAB.

Plus particulièrement, certaines recommandations pourraient être faites en lien avec la perception du conducteur du niveau de sécurité et de difficulté. Par ailleurs, cette étude sert d'assise à d'autres projets de recherche visant à valider la pertinence et faisabilité de proposer un test de conduite simulée avec des scénarios discriminants pour les personnes ayant une immobilisation temporaire au lieu d'attendre l'obtention d'une évaluation en ergothérapie et de conduire dans l'illégalité. Cela pourra éventuellement inciter à une modification de la législation provinciale visant à alléger l'attente pour les évaluations en ergothérapie et ainsi mieux outiller les cliniques orthopédiques. Les cliniques pourraient d'ailleurs s'équiper de simulateurs de conduite validés (validation interne et externe) servant à évaluer la conduite des patients immobilisés à différentes étapes durant la période d'immobilisation. Ces

évaluations, en plus d'un questionnaire d'auto-perception permettraient d'indiquer à ceux-ci quand il est possible de reprendre les activités de conduite en l'absence de douleurs et de médicaments psychotropes. De plus, à la suite de la réussite du test en simulateur de conduite, les patients pourraient effectuer un test de conduite sur route grâce à des collaborations avec des écoles de conduite afin de valider avec un évaluateur de conduite qualifié les capacités et aptitudes de conduite en situation de conduite réelle sur route.

Également, cette étude constitue une base concrète pouvant servir à l'élaboration et à l'amélioration de projets de recherche futurs. C'est la première étude, à notre connaissance, qui intègre un ensemble d'éléments liés à la conduite automobile dans le processus expérimental de la performance de conduite automobile avec une immobilisation alors que ceux-ci sont le plus souvent présentés séparément. Ces différents éléments incluent l'amplitude de mouvement, les changements de direction (via l'écart et la précision angulaire), la tenue de route, la force de préhension ainsi que l'auto-perception de la difficulté, de la sécurité, de la fatigue et des malaises physiques en lien avec la conduite automobile. Il s'agit d'un protocole valide pouvant servir à une étude future incluant des patients avec une IMS BAB.

## CHAPITRE 8 : CONCLUSION

Cette étude nous a permis de constater qu'une immobilisation BAB du côté droit diminue de façon significative l'amplitude de mouvement maximale à droite et à gauche pour des participants sains.

Avec la petite taille de l'échantillon de cette étude, une diminution significative de la force de préhension pourrait peut-être indiquer une diminution de la préhension du volant et donc, suggérer possiblement un moindre contrôle de celui-ci pour effectuer les manœuvres d'urgence. Ceci pourrait se traduire par un impact sur la déviation angulaire avec une immobilisation BAB au MS du côté gauche et droit. Ceci impliquerait potentiellement une diminution du contrôle nécessaire pour effectuer les manœuvres nécessaires pour réagir aux obstacles et aux situations d'urgence. Malgré les limitations sur l'amplitude de mouvement et sur la préhension du volant, nous n'avons pu mettre en évidence des limitations significatives sur le contrôle de la trajectoire de conduite en simulateur.

Les participants ont perçu un niveau de difficulté et d'insécurité accru avec l'IMS BAB lors de la simulation de conduite automobile. Par conséquent, nous pouvons tout de même conclure qu'une IMS BAB pourrait diminuer de façon significative la performance en conduite automobile. Cet effet diminutif pourrait être d'autant plus marqué si le conducteur a une atteinte sous-jacente à son immobilisation tel qu'un patient immobilisé pour fracture proie avec de la douleur, de la médication, etc.

Bien qu'il soit stipulé au Québec que la conduite automobile est incompatible avec le port d'une immobilisation (temporaire ou permanente), les patients conduisent tout de même avec leur immobilisation. Partout ailleurs, sauf au Québec, la décision de conduire revient généralement aux patients. Il serait très important que les médecins discutent des implications potentielles de conduire avec une IMS BAB à leurs patients considérant que les guides existants au Canada traitent surtout d'immobilisations permanentes.

Il serait, dans ce contexte, évidemment très pertinent de réaliser une étude avec un plus grand échantillon regroupant des patients avec atteinte lésionnelle sous-jacente qui tiendrait compte entre autres de l'intensité de la douleur, de la durée de l'immobilisation et de la période propice au retour à la conduite.

## LISTE DES RÉFÉRENCES

Association des médecins d'urgence, Hôpital Maisonneuve-Rosemont. (2006). *La luxation de l'épaule : information à l'intention des patients*. Montréal : HMR, programme-clientèle première ligne.

Balogun, J.A., Adenola, S.A., & Akinloye, A. A. (1991). Grip strength normative data for the Harpenden dynamometer. *Journal of the Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 14, 155-160.

Banse, Xavier. (2005). *Petit guide de traumatologie : équipe d'orthopédie de l'UCL*. Belgique : Université Catholique de Louvain.

Bartolozzi, R. & Frendo, F. (2014). Definition of simulated driving tests for the evaluation of drivers' reactions and responses. *Traffic Injury Prevention*, 2014(15), 302-309.

Bassolino, M., Bove, M., Jacono, M., Fadiga, L., & Pozzo, T. (2012). Functional effect of short-term immobilization: Kinematic changes and recovery on reaching-to-grasp. *Neuroscience*, 215, 127-134.

Bédard, M., B., Parkkari, M., Weaver, B., Riendeau, J., & Dahlquist, M. (2010). Assessment of driving performance using a simulator protocol: Validity and reproducibility. *The American Journal of Occupational Therapy: Official Publication of the American Occupational Therapy Association*, 64(2), 336-340.

Berger, J., Rosner, F., Mark, P. & Bennett, A. J. (2000). Reporting by physicians of impaired drivers and potentially impaired drivers. *JGIM* 15, 667-672.

Blair, S., Chaudhri, O. & Gregori, A. (2002) Doctor, can I drive with this plaster? An evidence based response. *Injury*, 33, 55-56.

Brouwer, W. H., Leclercq, M., Couillet, J., Mouroni, C., Azouvi, P. (2002). Attention et aptitude à la conduite automobile : approche neuropsychologique. *Neuropsychologie de l'attention; Solal Éditeurs*. (12)243-254.

Chen, V., Chacko, A. T., Costello, F. V., Desrosiers, N., Appleton, P. & Rodriguez, E. K. (2008). Driving after musculoskeletal injury. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 90, 2791-7.

Chong, P. Y., Koehler, E. A. S., Shyr, Y., Watson, J. T., Weikert, D. R., Rowland, J. H., et al. (2010). Driving with an arm immobilized in a splint: A randomized higher-order crossover trial. *The Journal of Bone and Joint Surgery.American Volume*, 92(13), 2263-2269.

Chow, J., Hsu, S., Kwok, D., & Reagh, J. (2013). Application techniques for plaster of paris back slab, resting splint, and thumb spica using ridged reinforcement. *Journal of Emergency Nursing: JEN: Official Publication of the Emergency Department Nurses Association*, 39(5), e79-e81.

Classen, S., & Brooks, J. (2014). Driving simulators for occupational therapy screening, assessment, and intervention. *Occupational Therapy in Health Care*, 28(2), 154-162.

Clinique externe d'orthopédie du CSSS de Gatineau (2014). Guide de prise en charge de la clientèle orthopédique de l'Outaouais.

De Winter, J.C.F., de Groot, S., Mulder, M., Wieringa, P. A., Dankelman, J., & Mulder, J. A. (2009). Relationships between driving simulator performance and driving test results. *Ergonomics*, 52(2), 137-153.

Dijksterhuis, C., Stuiver, A., Mulder, B., Brookhuis, K. A., & de Waard, D. (2012). An adaptive driver support system: User experiences and driving performance in a simulator. *Human Factors*, 54(5), 772-785.

DiSilvestro, K. J., Santoro, A. J., Tjoumakaris, F. P., Levicoff, E. A., Freedman, K. B. (2016). When can I drive after orthopaedic surgery? A systematic review. *Clinical Orthopaedics and related research, The Association of Bone and Joint Surgeons*, online publication august 4<sup>th</sup> 2016.

Dorimain, M.-V., Cabana, F., Hamel, M., Décarie, V., Svotelis, A., Lebel, K. & Corriveau, H. (2016). Effects of long (above-elbow) upper limb immobilization on simulated driving performance: an experimental pilot study. *International Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 4(6).

Edwards, M. R., Oliver, M. C. & Hatrick, N. C. (2009). Driving with a forearm plaster cast: patients' perspective. *Emergency Medicine Journal*, 26, 405-406.

Fabregas, B., Coutant, G., Huron, A., Sechet, C., Minot, S. (2009) Les moyens de contention. IZEOS. <http://www.infirmiers.com/pdf/cours-en-vrac/moyens-contention.pdf>

Fleury, T., Favrat, B., Belaieff, W. & Hoffmeyer, P. (2012) Resuming motor vehicle driving following orthopaedic surgery or limb trauma. *Swiss Medical Weekly*, 142, w13716.

Frankle, Mark. « Proximal Humerus Fractures. » *eMedicine*. Eds. Mary Ann E. Keenan, et al. 18 Apr. 2013. Medscape. 1 Jun. 2014 (updated august 24<sup>th</sup>, 2017) <<http://emedicine.medscape.com/article/1261320-overview>>.

Gandhi, M.J., Freitas, D., Lewis, M., Bolton, L., Bhasin, S. & Leonard, D. (2014). Who should answer the question: "Can I drive with this plater cast?" *The Surgeon*, 12, 26-31.

Gibson, J., Whiteman, L. (2012). *DrivAbility: teaching medical aspects of driving. The clinical teacher* – Blackwell publishing Ltd. 9, 164-167.

Giddins, G. E. B. & Hammerton, A. (1996). Doctor, when can I drive?": a medical and legal view of the implications of advice on driving after injury or operation. *Injury*, 27(7), 495-497.

Gonnelli, D. & Legré, R. (2011). Permis de conduire et chirurgie de la main. *Chirurgie de la main*, 30, 11-15.

Goodwin, D., Baecher, N., Pitta, M., Letzelter, J., Marcel, J. & Argintar, E. (2013). Driving after orthopaedic surgery. *CME Orthopaedics*, 36(6), 469-474.

Green P. (2005). How driving simulator data can be improved. Paper presented at the DSC 2005 North America, Orlando, FL.

Gregory, J. J., Stephens, A. N., Steele, N. A., & Groeger, J. A. (2009). Effects of upper-limb immobilisation on driving safety. *Injury*, 40(3), 253-256.

Harris, A. R., Beckenbaugh, R. D., Nettrour, J. F. & Rizzo, M. (2009). Metacarpal Neck Fractures: Results of Treatment with Traction Reduction and Cast Immobilization. *American Association for Hand Surgery*. 161–164

Hasan, S., Chay, E., Atanda, A., McGee, Alan W., Jr, Jazrawi, L. M., & Zuckerman, J. D. (2015). The effect of shoulder immobilization on driving performance. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* 24(2), 273-9.

Hasan, S., McGee, A., Garafolo, G., Hamula, M. & Oh, C. (2016) Changes in driving performance following shoulder arthroplasty. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 98, 1471-7.

Hauret, I., Bardoux, S., Coudeyre, E. (2016). Un simulateur de conduite au service des patients. *Elsevier Masson SAS Innovation*.

Hobman, J. W. & Southern, S. J. (2004). Upper limb splints and the right to drive – who decides? *BJPS*, 57, 354-357.

Hoynak, Bryan. "Wrist Fracture in Emergency Medicine." *eMedicine*. Ed. Rick Kulkarni. 1 Jun. 2012. Medscape. 21 Jan. 2013 (updated February 14<sup>th</sup>, 2015) <<https://emedicine.medscape.com/article/828746-overview#a4>> <<https://emedicine.medscape.com/article/828746-overview#a6>>.

Jazrawi, L. M., Stanton, T., Hasan, S., Chay, E., Nayyar, S. & Zuckerman, J. D. (2012). Drivers wearing arm slings shouldn't drive: shoulder immobilization hinders reaction time, results in more crashes. *American Academy of Orthopaedic Surgeons Online*, Oct. 2012 <<http://www.aaos.org/news/aaosnow/oct12/cinical1.asp>>.



Jones, E., Barow, A., Skordas, N., Green, D. & Cho, M. (2016). The effect of below-elbow immobilization on driving performance. *Injury*, 48, 327-331.

Kalamaras, M. A., Rando, A. & Pitchford, D. G. K. (2006). Driving plastered: who does it, is it safe and what to tell patients. *ANZ Journal of Surgery*, 76, 439-441.

Kelly, John D. "Medial Condylar Fracture of the Elbow." *eMedicine*. Eds. Craig C. Young, et al. 12 Nov. 2012. Medscape. 31 May 2014 <<http://emedicine.medscape.com/article/91780-overview> >.

Kennedy, M. T., Roche, S., Lenehan, B. & Curtin, W. (2006). Driving plastered: driving habits of orthopaedic outpatients and the medico-legal implications. *European Journal of Orthopaedic Surgery&Traumatology*, 16, 228-230.

Lavabre, A., Pietri, P. & Ozalp, T. (2000). Développement et santé no 149 : Immobilisation par appareillage plâtré.  
<http://documentation.ledamed.org/IMG/html/doc-10897.html>

Lee, H. C., Cameron, D., & Lee, A. H. (2003). Assessing the driving performance of older adult drivers: On-road versus simulated driving. *Accident; Analysis and Prevention*, 35(5), 797-803.

Lee, J. D. (2008). Fifty years of driving safety research. *Human Factors*, 50(3), 521-528.

Lindstrom-Forneri, W., Tuokko, H. A., Garrett, D., Molnar, F. (2010). Driving as an everyday competence: A model of driving competence and behaviour. *Journal of Clinical Gerontologist*, volume 33, 238-297.

Mansour, D., Mansour Gotaas, K., Kenny, Benjamin W., Attia, J., Meads, B. (2015). Driving with a short arm cast in a simulator. *Journal of Orthopaedic Surgery*, 23(3), 327-30.

Marecek, G. S., & Schafer, M. F. (2013). Driving after orthopaedic surgery. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 21(11), 696-706.

Mayhew, D. R., Simpson, H. M., Wood, K. M., Lonero, L., Clinton, K. M., & Johnson, A. G. (2011). On-road and simulated driving: Concurrent and discriminant validation. *Journal of Safety Research*, 42(4), 267-275.

McClelland, D., Paxinos, A. & Dodenhoff, R. (2005). Rate of return to work and driving following arthroscopic subacromial decompression. *ANZ Journal of Surgery*, 75, 747-749.

Michon, J. A. (1985). A critical review of driver models: what do we know, what should we do? *Human Behavior and Traffic Safety*. Editors, New York: Plenum Press.

Michael, A. L. R. (2004). Letter to the editor. *Injury*, 12, 039.

Mossey, M. E., Xi, Y., McConomy, S. K., Brooks, J. O., Rosopa, P. J. & Venhovens, P. J. (2014). Evaluation of four steering wheels to determine driver hand placement in a static environment. *Elsevier Applied Ergonomics*, 2014(45), 1187-1195.

Murray, J.-C., Tremblay, M.-C., Corriveau, H., Hamel, M. & Cabana, F. (2015) Effects of right lower limb orthopedic immobilization on braking function: an on-road experimental study with healthy volunteers. *The journal of Foot and Ankle Surgery*, 54(2015) 554-558.

Nana, Avind D., et al. "Distal-Third Forearm Fractures." *eMedicine*. Ed. Harris Gellman. 7 Feb. 2012. Medscape. 21 Jan. 2013 (updated September 28<sup>th</sup>, 2016) <<http://emedicine.medscape.com/article/1238513-overview>>.

Nishijima, Daniel K. & Goldman, Matthew. "Elbow fracture" *eMedicine*. Eds. Kulkarni, Rick & Talavera, Francisco. Medscape. 25 février 2014. <[Http://emedicine.medscape.com/article/824654-overview](http://emedicine.medscape.com/article/824654-overview)>.

Noffsinger, Mark. "Supracondylar Humerus Fractures." *eMedicine*. Eds. Mary Ann E. Keenan, et al. 7 Feb. 2012. Medscape. 31 May 2014 (updated February 15<sup>th</sup>, 2017) <<http://emedicine.medscape.com/article/1269576-overview>>.

Nunez, V. A. & Giddins, G. E. B. (2004). "Doctor, when can I drive? »: an update on the medico-legal aspects of driving following an injury or operation. *Injury*, 35, 888-890.

Pitte, Morgan. (2008). La contention plâtrée. [http://www.soins-infirmiers.com/contention\\_platre.php](http://www.soins-infirmiers.com/contention_platre.php)

Rees, J. L. & Sharp, R. J. (2000). Safety to drive after common limb fractures. *Injury*, 33, 51-54.

Reimer, B., D'Ambrosio, L. A., Coughlin, J. E., Kafrissen, M. E., Biederman, J. (2006). Using self-reported data to assess the validity of driving simulation data. *Behav. Res. Meth.*, 38(2), 314-324.

Roberts, Craig & Protzer, Lauren (2016). Editorial "Doctor, can I drive?": The need for a rational approach to return to driving after musculoskeletal injury. *Injury*, 47, 513-515.

Sandstrom, Claire K. "Imaging of Elbow Fractures and Dislocations in Adults." *eMedicine*. Ed. Felix S. Chew. 14 Nov. 2013. Medscape. 31 May 2014 (updated May 13<sup>th</sup>, 2015) <<http://emedicine.medscape.com/article/389069-overview>>.

Sandvall, B. K., & Friedrich, J. B. (2015). Driving with upper extremity immobilization: A comprehensive review. *The Journal of Hand Surgery*, 40(5), 1042-7.

- Schiro, J., Loslever, P., Gabrielli, F. & Pudlo, P. (2014). Inter and intra-individual differences in steering wheel hand positions during a simulated driving task. *Taylor & Francis Ergonomics*, 58:3, 394-410.
- Schmidt, R. T., & Toews, J. V. (1970). Grip strength as measured by the Jamar dynamometer. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 51, 321-327.
- Shechtman, O., Classen, S., Awadzi, K., & Mann, W. (2009). Comparison of driving errors between on-the-road and simulated driving assessment: A validation study. *Traffic Injury Prevention*, 10(4), 379-385.
- Stern E., Barth V., Durfee W., Rosen M., Rosenthal T., Schold-Davis E., Schaffer C., Wachtel J., Watson M., Zola J. (2006). A protocol for avoiding driving simulator sickness. *New approaches to simulation and the Older Operator: 4<sup>th</sup> Annual STISIM Drive User Group Meeting*, Cambridge MA.
- Stevenson, H. L., Peterson, N., Talbot, C., Dalal, S., Watts, A. C., & Trail, I. A. (2013). An objective assessment of safety to drive in an upper limb cast. *The Journal of Hand Surgery, European Volume*, 38(3), 321-324.
- Tremblay, M., Corriveau, H., Boissy, P., Smeesters, C., Hamel, M., Murray, J., et al. (2009). Effects of orthopaedic immobilization of the right lower limb on driving performance: An experimental study during simulated driving by healthy volunteers. *The Journal of Bone and Joint Surgery, American Volume*, 91(12), 2860-2866.
- Vaughan, V. G. (1989). Effects of upper limb immobilization on isometric muscle strength, movement time, and triphasic electromyographic characteristics. *Physical Therapy*, 69(2), 119-129.
- Von Arx, O. A., Langdown, R. A., Brooks, R. A. & Woods, D. A. (2004). Driving whilst plastered: is it safe, is it legal? A survey of advice to patients given by orthopaedic surgeons, insurance companies and the police. *Injury*, 35(9), 883-887.
- Wang, Y., Mehler, B., Reimer, B., Lammers, V., D'Ambrosio, L., A., & Coughlin, J. F. (2010). The validity of driving simulation for assessing differences between in-vehicle informational interfaces: A comparison with field testing. *Ergonomics*, 53(3), 404-420.
- Yan, X., Abdel-Aty, M., Radwan, E., Wang, X., & Chilakapati, P. (2008). Validating a driving simulator using surrogate safety measures. *Accident; Analysis and Prevention*, 40(1), 274-288.
- Yasuda, N., Glover, E., Phillips, S., Isfort, R. & Tarnopolsky, M. (2005). Sex-based differences in skeletal muscle function and morphology with short-term limb immobilization. *Journal of Applied Physiology*, 99(3), 1085-1092.

## ANNEXES

**Annexe 1 : Tableau sommaire de la recension d'écrits – Partie 1 (enquête et revue des écrits scientifiques disponibles)**

Références	Pays	Revue des écrits scientifiques disponibles	Enquête			
			Patients	Corps policiers et régulation de permis	Compagnies d'assurances	Professionnels médicaux
Giddins et Hammerton, 1996	UK			X		
Berger et al., 2000	USA			X		X
Rees et Sharp, 2002	UK					X
Blair et al., 2002	UK			X	X	
Hobman et Southern, 2004	UK		X	X	X	X
Nunez et Giddins, 2004	UK			X	X	
Von Arx et al., 2004	UK			X	X	X
McClelland et al., 2005	AUS		X			
Kalamaras et al., 2006	AUS		X	X	X	
Kennedy et al., 2006	IREL.		X		X	X
Chen et al., 2008	USA		X			X
Edwards et al., 2009	UK		X			
Gonnelli et Legré, 2011	France			X		
Goodwin et al., 2013	USA	X				
Marecek et Schafer, 2013	USA	X				
Brinkley et al., 2014	USA	X				
Gandhi et al., 2014	UK			X	X	X
DiSilvestro et al., 2016	USA	X				
Roberts & Protzer, 2016	USA	X				
Cooper J. M., 2017	USA	X				

## Annexe 1 : Tableau sommaire de la recension d'écrits – Partie 2

Références	Types d'immobilisation	Côté de l'immobilisation	Habitacle conducteur du véhicule	Nombre de participants	Conduite			Conclusion en lien avec la conduite automobile
					Route	Simulateur		
						VI	VE	
Giddins et Hammerton, 1996								<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Patient ne devrait pas conduire s'il représente un risque de danger pour lui-même ou autrui.</li></ul>
Berger et al., 2000								<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Médecins devraient peser les risques et bénéfices pour chaque individu.</li></ul>
Rees et Sharp, 2002								<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Responsabilité de décider si le patient devrait conduire revient au médecin.</li></ul>
Blair et al., 2002	Sous-coude	Droite et gauche	Gauche	1	X			<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Scaphoïdes et Bennett : effets significatifs sur le contrôle.</li></ul>
Hobman et Southern, 2004								<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Responsabilité de décider de conduire revient au patient.</li></ul>
Nunez et Giddins, 2004								<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Responsabilité de décider de conduire revient au patient.</li></ul>
Von Arx et al., 2004								<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Responsabilité de décider de conduire revient au patient.</li></ul>
McClelland et al., 2005								<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Temps moyen de 28,9 jours pour retour à la conduite automobile : patients ayant eu décompression subacromiale arthroscopique.</li></ul>
Kalamaras et al., 2006	Sous-coude, Sus-coude	Droite et gauche	Gauche	1	X			<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Responsabilité de laisser conduire le patient revient au médecin.</li><li>▪ Patients ne devraient pas conduire avec immobilisation sus-coude (au-dessus du coude).</li><li>▪ Au moins 50% des patients conduisent avec leur immobilisation.</li></ul>
Kennedy et al., 2006								<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Compagnies d'assurances : responsabilité d'indiquer que le patient peut conduire revient au médecin.</li></ul>
Chen et al., 2008								<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Responsabilité de décider si le patient peut conduire avec son immobilisation revient aux instances de régulation de permis.</li><li>▪ Recommandation d'une évaluation des capacités avant le retour à la conduite automobile.</li></ul>
Gregory et al., 2009	Sous-coude	Droite et gauche	Gauche	8		X		<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Restrictions plus limitatives avec l'immobilisation du côté droit.</li><li>▪ Détérioration de la conduite en réponse aux éléments du hasard.</li><li>▪ Conduite rurale et urbaine plus prudente.</li></ul>
Edwards et al., 2009								<ul style="list-style-type: none"><li>• 87% des répondants considèrent que c'est dangereux de conduire avec une immobilisation.</li><li>• 79% des répondants croient qu'il devrait être illégal de conduire avec une immobilisation.</li><li>• 98% des répondants aimeraient des directives écrites de leur clinique orthopédique en lien avec leurs aptitudes à la conduite automobile.</li></ul>
Winter et al. 2009				804	X		X	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Meilleure chance de réussir le test de conduite sur route avec moins d'erreurs de pilotage après avoir pratiqué en simulateur.</li><li>▪ Une conduite de plus courte durée sur route équivaut à une exécution de tâches plus rapide, moins d'infractions et moins d'erreurs de pilotage.</li></ul>
Chong et al., 2010	Sous-coude, Sus-coude	Droite et gauche	Droite	30	X			<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Sus-coude gauche : difficulté perçue élevée et faible sécurité perçue et diminution significative de la performance.</li></ul>
Gonnelli et Legré, 2011								<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Chirurgien doit prévenir patient des contraintes et solutions prévues par la loi.</li></ul>

### Annexe 1 : Tableau sommaire de la recension d'écrits – Partie 3

Références	Types d'immobilisation	Côté de l'immobilisation	Habitacle conducteur du véhicule	Nombre de participants	Conduite			Conclusion en lien avec la conduite automobile
					Route	Simulateur		
						VI	VE	
Goodwin et al., 2013								<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Responsabilité du patient de décider de conduire.</li></ul>
Marecek et Schafer, 2013								<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Responsabilité du patient de décider de son aptitude à conduire.</li><li>▪ Professionnels médicaux : aident le patient à prendre une décision informée.</li></ul>
Stevenson et al., 2013	Sous-coude, Sus-Coude	Droite et gauche	Gauche	6	X			<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Sus-coude gauche : dangereux pour la conduite automobile.</li><li>▪ Attelle de Bennett à gauche : échec du test de conduite.</li></ul>
Bartolozzi et al., 2014				48		ND	ND	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Entre le test de freinage et la déviation latérale, la déviation latérale est le test le plus significatif (temps de réaction pour la phase de réaction, première réponse instinctive (angle du volant), angle du volant pour la réponse complète).</li><li>▪ Le test de freinage présente une plus grande dispersion en lien avec l'influence des facteurs externes pour le temps de réaction (temps de transition de pédale).</li></ul>
Brinkley et al., 2014								<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Certaines immobilisations du membre supérieur entravent la conduite automobile;</li><li>▪ Il n'existe pas de lignes directrices officielles que les professionnels médicaux et leurs patients peuvent considérer;</li><li>▪ Études disponibles déconseillent aux patients de conduire avec une immobilisation sus-coude.</li></ul>
Gandhi et al., 2014								<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Bien que les médecins ne soient pas aptes à évalue la capacité de conduire de leurs patients, les compagnies d'assurance et les instances policières leur mettent la responsabilité de conseiller leurs patients en lien avec leurs aptitudes à conduire avec une immobilisation.</li><li>▪ Dans tel cas, puisque la preuve suggère qu'une immobilisation nuit à l'aptitude de conduire, il est suggéré aux médecins traitant d'informer leurs parents de ne pas conduire avec leurs immobilisations pour éviter de potentiels litiges.</li></ul>
Hasan et al. 2015	Sous-coude, Sus-Coude	Droite et gauche	Droite	20		X		<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Port d'une attelle : significativement plus de collisions.</li><li>▪ Pas de différence significative : positionnement du véhicule, taux de manœuvres, accélération et distance aux objets sur la route en absence de collision.</li></ul>
Mansour et al. 2015	Sous-coude	Côté dominant	Gauche	30		ND	ND	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Aucune différence significative entre le port de l'immobilisation et l'absence de l'immobilisation pour le nombre de sorties de route, les collisions, le temps au tour et l'effet de la main dominante.</li><li>▪ 26/30 participants considèrent que le port d'immobilisation entravait leur capacité à manipuler le volant.</li><li>▪ En comparaison à l'absence d'immobilisation, le port d'une immobilisation anté-brachial ne diminuait pas les capacités à manier le volant en situation de conduite en simulateur.</li></ul>

### Annexe 1 : Tableau sommaire de la recension d'écrits – Partie 4

Références	Types d'immobilisation	Côté de l'immobilisation	Habitacle conducteur du véhicule	Nombre de participants	Conduite			Conclusion en lien avec la conduite automobile
					Route	Simulateur		
						VI	VE	
DiSilvestro et al., 2016								<ul style="list-style-type: none"><li>Il n'est pas sécuritaire de conduire avec une immobilisation du type scaphoïde ou Bennett à droite ou à gauche, ni une élingue au niveau du bras dominant pour l'immobilisation de l'épaule.</li><li>Les attelles au-dessus et en-dessous du coude diminue la performance en conduite automobile.</li></ul>
Hasan et al., 2016				30		X	X	<ul style="list-style-type: none"><li>Echarpe à l'épaule du <i>côté dominant</i> entrave significativement la conduite automobile simulée :<ul style="list-style-type: none"><li>Plus de collisions;</li><li>Capacités du conducteur à réaliser efficacement des manœuvres d'évitement;</li></ul></li><li>Pas de différence significative :<ul style="list-style-type: none"><li>Positionnement du véhicule par rapport au centre de la route;</li><li>Taux de direction;</li><li>Accélération et distance aux objets sur la route en l'absence d'obstacle.</li></ul></li></ul>
Roberts & Protzer, 2016								<ul style="list-style-type: none"><li>Les chirurgiens orthopédiques devraient avoir une politique de recommandations à l'interne indiquant quand le patient ne devrait pas conduire et que la responsabilité finale de conduire leur revient;</li><li>Il devrait être recommandé aux patients de procéder à une autoévaluation de la conduite dans un stationnement avec un membre de la famille afin de déterminer l'aptitude à conduire;</li><li>Pour les patients dont la profession est la conduite automobile, il devrait leur être recommandé de procéder à une évaluation formelle de la conduite auprès d'un bureau de permis avant le retour à la conduite;</li><li>Il faut également y mentionner aux patients de respecter les lois et règlements locaux en lien avec la conduite automobile.</li></ul>
Cooper J. M., 2017								<ul style="list-style-type: none"><li>Selon les sondages, il y a une variabilité dans l'opinion des chirurgiens orthopédiques en lien avec les aptitudes à la conduite automobile selon différents types d'immobilisation du membre supérieur.</li><li>Il est recommandé de ne pas conduire avec une longue immobilisation du membre supérieur incluant les métacarpes.</li></ul>
DiSilvestro et al., 2016								<ul style="list-style-type: none"><li>Il n'est pas sécuritaire de conduire avec une immobilisation du type scaphoïde ou Bennett à droite ou à gauche, ni une élingue au niveau du bras dominant pour l'immobilisation de l'épaule.</li><li>Les attelles au-dessus et en-dessous du coude diminue la performance en conduite automobile.</li></ul>



## Annexe 2 : Questionnaire des données descriptives

### QUESTIONNAIRE: SUJET # 05

#### Informations personnelles :

Âge : \_\_\_\_\_

Sexe : ☐ F ☐ H

Poids : \_\_\_\_\_ kg

Taille : \_\_\_\_\_ cm

Scolarité (dernier niveau réussi) : \_\_\_\_\_

Nationalité : \_\_\_\_\_

Ethnie : \_\_\_\_\_

Main dominante : ☐ G ☐ D ☐ A

Longueur de la main (majeur-poignet) : \_\_\_\_\_ cm

Longueur de l'avant-bras (poignet-creux cubital) : \_\_\_\_\_ cm

Longueur du bras (creux cubital – acromion) : \_\_\_\_\_ cm

Allergies de contact connues : \_\_\_\_\_

#### Historique de conduite :

Permis de conduire valide au Québec? ☐ Oui ☐ Non

Conduisez-vous habituellement une voiture à transmission automatique? ☐ Oui ☐ Non

Expérience de conduite (années) : \_\_\_\_\_

Kilomètres parcourus annuellement : \_\_\_\_\_

Nombre de collisions (avec tout objet ou animal ou personne) : \_\_\_\_\_

Nombre d'infractions au code de la route (hormis stationnement) : \_\_\_\_\_

Type de lieu de résidence (ville, campagne, banlieue) : \_\_\_\_\_

Jeux vidéos (course auto. jeux avec voitures): ☐ Jamais ☐ Rarement ☐ Souvent

Expérience d'immobilisation plâtrée au membre supérieur? ☐ Oui ☐ Non

Si oui, quel type de plâtre : \_\_\_\_\_ Durant combien de temps : \_\_\_\_\_ semaines

#### Historique récent :

Date actuelle :

Heure actuelle :

Heure du dernier repas :

Nombre d'heures de sommeil la nuit dernière :

Heures de conduite automobile depuis le dernier sommeil :

Prise récente de stimulants (café, thé) :

☐ Oui ☐ Non

Prise récente de dépresseurs (alcool, drogues) :

☐ Oui ☐ Non

Prise récente de produit de médicaments / produits de santé naturelle

☐ Oui ☐ Non

Fatigue actuelle estimée de (1 à 10) :

#### Notes supplémentaires :

### Annexe 3 : Questionnaire démographique pré-étude

505

#### Annexe 3: Questionnaire pré-étude

Sujets #

Êtes-vous âgé entre 25-60 ans?	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Possédez-vous un permis de conduire valide au Québec?	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Avez-vous une expérience de conduite de 5 ans ou plus?	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Conduisez-vous seulement avec le pied droit?	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Conduisez-vous habituellement une auto à transmission automatique?	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Souffrez vous de:		
Épilepsie	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Perte de conscience	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Fortes migraines	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Nausées	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Vertiges	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Étourdissements	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Fatigue importante	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Vision embrouillée	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Mal des transports, mal du simulateur	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Atteinte de l'acuité visuelle non compensée.	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Atteinte des champs visuels ou autres troubles de vision.	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Atteinte sensorimotrice du membre inférieur droit.	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Utilisation d'alcool (> 5 consommations par semaine)	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Utilisation de drogues durant la dernière année.	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Utilisation de médicaments psychotropes.	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Maladie du système nerveux central (épilepsie, Parkinson)	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Trouble du sommeil (insomnie, apnée du sommeil)	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Maladie du métabolisme (diabète, hypo/hyperthyroïdie...)	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Maladie cardiovasculaire (angine, infarctus, arythmie...)	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Maladie cérébro-vasculaire (ACV, anévrisme, ICT)	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Maladie vasculaire périphérique (insuffisance artérielle)	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Maladie psychiatrique (Dépression, hallucinations...)	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Maladie rénale (insuffisance rénale, hypertension)	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Troubles musculosquelettiques (fracture, arthrose, entorse...)	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Avez-vous vos verres correcteurs	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Avez-vous votre tenue de sport	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Heure actuelle:		
Heure du dernier repas:		
Notes:		

## Annexe 4 : Fiche des tests cliniques et questionnaire d'auto perception

FICHE D'ÉVALUATION DU SUJET # 05

### Tests cliniques sans immobilisation :

Force maximale de préhension (dynamomètre JAMAR) : \_\_\_\_\_ : \_\_\_\_\_ : \_\_\_\_\_ Kg

### Tests cliniques avec plâtre BAB à gauche :

Force maximale de préhension (dynamomètre JAMAR) : \_\_\_\_\_ : \_\_\_\_\_ : \_\_\_\_\_ Kg

### Tests cliniques avec plâtre BAB à droite :

Force maximale de préhension (dynamomètre JAMAR) \_\_\_\_\_ : \_\_\_\_\_ : \_\_\_\_\_ Kg

### Évaluation de l'état physique et psychologique post-simulation

Simulation **RIEN**: Difficulté\* (0-10) : \_\_\_\_\_ Sécurité (0-10) : \_\_\_\_\_ Malaise physique (0-10) : \_\_\_\_\_  
Niveau de fatigue (0-10) : \_\_\_\_\_

Simulation **BAB-D** : Difficulté (0-10) : \_\_\_\_\_ Sécurité (0-10) : \_\_\_\_\_ Malaise physique (0-10) : \_\_\_\_\_  
Niveau de fatigue (0-10) : \_\_\_\_\_

Simulation **BAB-G** : Difficulté (0-10) : \_\_\_\_\_ Sécurité (0-10) : \_\_\_\_\_ Malaise physique (0-10) : \_\_\_\_\_  
Niveau de fatigue (0-10) : \_\_\_\_\_

*\*10 étant le plus difficile, le plus sécuritaire, le plus grand malaise (nausée, chaleur, etc.) et la plus grande fatigue (pour la fatigue, relativiser avec la valeur indiquée dans le questionnaire pré-départ).*

### Annexe 5 : Fiche des données cliniques et de l'ordre de passation

Sujet: 5						
Évaluation	Plâtre	Côté	Épreuve		Numéros d'essai	
1	BAB	D	Epreuve 1	Amplitude	PC1	Amplitude_
				Mobilité	PC1	Mobilité_
			Epreuve 2		PC1	Epreuve_2_
					PC2	Epreuve_2_
			Epreuve 3		PC1	Epreuve_3_   Epreuve_3_   Epreuve_3_   Epreuve_3_   Epreuve_3_
					PC2	Epreuve_3_   Epreuve_3_   Epreuve_3_   Epreuve_3_   Epreuve_3_
2	BAB	G	Epreuve 1	Amplitude	PC1	Amplitude_
				Mobilité	PC1	Mobilité_
			Epreuve 2		PC1	Epreuve_2_
					PC2	Epreuve_2_
			Epreuve 3		PC1	Epreuve_3_   Epreuve_3_   Epreuve_3_   Epreuve_3_   Epreuve_3_
					PC2	Epreuve_3_   Epreuve_3_   Epreuve_3_   Epreuve_3_   Epreuve_3_
3	X	X	Epreuve 1	Amplitude	PC1	Amplitude_
				Mobilité	PC1	Mobilité_
			Epreuve 2		PC1	Epreuve_2_
					PC2	Epreuve_2_
			Epreuve 3		PC1	Epreuve_3_   Epreuve_3_   Epreuve_3_   Epreuve_3_   Epreuve_3_
					PC2	Epreuve_3_   Epreuve_3_   Epreuve_3_   Epreuve_3_   Epreuve_3_

**Annexe 6 : Formulaire de confirmation de réception des frais de dédommagement**

Date : \_\_\_\_\_

Évaluation : \_\_\_\_\_

Je, \_\_\_\_\_ atteste avoir reçu la somme de \_\_\_\_\_ dollars (\$) pour les frais encourus et les contraintes subies lors de mon déplacement au Centre de recherche sur le vieillissement pour une évaluation dans le cadre du projet de recherche intitulé : *Caractérisation des effets des immobilisations orthopédiques sur les performances de conduite lors de tâches de conduite simulée.*

Nom de la personne évaluée : \_\_\_\_\_

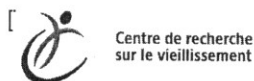
Signature : \_\_\_\_\_

Date de l'évaluation : \_\_\_\_\_

Signature de l'évaluateur (trice) : \_\_\_\_\_

## Annexe 7 : Formulaire d'information et de consentement de participation

(Page 1)



Centre de santé et de services sociaux –  
Institut universitaire de gériatrie  
de Sherbrooke

### FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT À LA RECHERCHE

**Titre du projet :** Caractérisation des effets des immobilisations orthopédiques sur les performances de conduite lors de tâches de conduite simulée

**Chercheur principal :** Dr François Cabana, chirurgien orthopédique- CHUS

**Chercheuses associées :** Pre Hélène Corriveau, CDRV  
Pre Thérèse Audet, CDRV  
Pre Cécile Smeesters, CDRV

**Collaborateur :** Jon Armano, résident en orthopédie, FMSS

**Étudiant :** Vincent Décarie, étudiant en médecine, FMSS

**Numéro de dossier**  
2012-17

#### Financement du projet de recherche

Le chercheur principal a reçu des fonds du service d'orthopédie de la Faculté de médecine et des sciences de la santé de l'Université de Sherbrooke pour mener à bien ce projet de recherche. Les fonds reçus couvrent les frais reliés à ce projet de recherche. Le laboratoire de recherche sur la conduite simulée du Centre de recherche sur le vieillissement du CSSS-IUGS possède le matériel de base nécessaire au bon fonctionnement du projet.

#### Préambule

Nous sollicitons votre participation à un projet de recherche. Cependant, avant d'accepter de participer à cette recherche, veuillez prendre le temps de lire, de comprendre et de considérer attentivement les renseignements qui suivent. Ce formulaire vous explique le but de cette étude, les procédures, les avantages, les risques et les inconvénients, de même que les personnes avec qui communiquer au besoin. Nous vous invitons à poser toutes les questions que vous jugerez utiles et à demander qu'on vous explique tout renseignement qui ne serait pas clair.

Si vous acceptez de participer à ce projet de recherche, vous devrez signer le consentement à la fin du présent document et nous vous en remettrons une copie pour vos dossiers.

## Formulaire d'information et de consentement de participation

(Page 2)

CARACTERISATION DES EFFETS DES IMMOBILISATIONS ORTHOPEDIQUES SUR LES PERFORMANCES DE CONDUITE LORS DE  
TACHES DE CONDUITE SIMULEE  
Dossier 2012-17

### NATURE ET OBJECTIFS DU PROJET DE RECHERCHE

Cette étude vise à évaluer l'effet d'une immobilisation du membre supérieur sur la conduite automobile simulée. L'équipe de recherche tentera de répondre aux deux questions suivantes :

1) Quel est l'effet d'un plâtre antébrachial (en dessous du coude jusqu'au poignet) soit droit, soit gauche sur la capacité à manier le volant et différentes fonctions du tableau de bord (clignotants et essuie-glaces) pendant une conduite simulée.

2) Quel est l'effet d'un plâtre brachial-antébrachial (au-dessus du coude jusqu'au poignet) soit droit soit gauche sur la capacité à manier le volant et différentes fonctions du tableau de bord (clignotants et essuie-glaces) pendant une conduite simulée.

Nous faisons appel à vous puisque nous avons besoin de personnes en santé afin d'évaluer seulement l'effet de l'immobilisation et non pas l'effet de maladies pouvant nécessiter celle-ci.

### DÉROULEMENT DU PROJET DE RECHERCHE

- Votre participation à cette recherche s'étendra sur une durée maximale de trois heures.
- Vous devrez vous rendre au Centre de recherche sur le vieillissement, pavillon D'Youville, 1036 rue Belvédère Sud, Sherbrooke, Qc, J1H 4C4.
- Il est important de prévoir une tenue confortable.
- Un agent de recherche vous soumettra un questionnaire sur vos habitudes de conduite, sur votre histoire de santé et vos habitudes de vie.
- Par la suite, 6 séries de tests de conduite simulée (15 minutes chacun) seront réalisées ainsi que 5 séries de tests cliniques (5 minutes chacun).
- Tous les tests seront réalisés avec et sans immobilisation orthopédique au bras droit et au bras gauche. Deux types d'immobilisation seront utilisées à savoir une immobilisation de l'avant-bras et une immobilisation du bras et de l'avant-bras. Ces immobilisations seront retirées dès la fin de chacune des évaluations correspondantes.
- Le choix de la séquence de test (choix de l'épreuve, du type d'immobilisation et du côté immobilisé) sera déterminé par le hasard.
- Vous enchainerez pour chaque situation (avec ou sans immobilisation / droit ou gauche) une épreuve pour évaluer la mobilité de vos bras, une épreuve pour évaluer votre capacité à contrôler la voiture (en simulation) et une dernière épreuve pour évaluer votre capacité à effectuer un dépassement (toujours en simulation).
- Des explications et consignes claires vous seront fournies au préalable. Les épreuves de conduite seront réalisées sur un simulateur (voiture instrumentée avec projection sur écran d'un scénario de conduite).
- Pour les tests cliniques, nous évaluerons :
  - 1) Votre force de préhension à la main droite et à la main gauche;
  - 2) La mesure angulaire des mouvements de pro-supination, avec le coude au corps; la mobilité angulaire des deux mains sur le volant; et le niveau fonctionnel de vos épaules droite et gauche.
- Entre chaque série de tests, une période de repos de 20 minutes vous sera accordée. Pendant cette période, l'immobilisation sera retirée et la suivante sera confectionnée.
- Durant la séance, des caméras vidéo pourraient être placées dans l'environnement du simulateur afin d'analyser ultérieurement les stratégies de conduite utilisées.

## Formulaire d'information et de consentement de participation

(Page 3)

CARACTERISATION DES EFFETS DES IMMOBILISATIONS ORTHOPEDIQUES SUR LES PERFORMANCES DE CONDUITE LORS DE  
TACHES DE CONDUITE SIMULEE  
Dossier 2012-17

Exemple d'enchaînement de tests :

	Immobilisation de l'avant-bras	Immobilisation du bras et de l'avant-bras		Pas d'immobilisation
<b>Droite</b>	<b>Test 1</b> (déterminée au hasard) Épreuve #3, 1 et 2	<b>Test 2</b> (déterminée au hasard) Épreuve #2, 3 et 1		<b>Test 6</b> (déterminée au hasard) Épreuve #1, 2 et 3
<b>Gauche</b>	<b>Test 3</b> (déterminée au hasard) Épreuve #1, 3 et 2	<b>Test 5</b> (déterminée au hasard) Épreuve #3 et 2	<b>Test 4</b> (déterminée au hasard) Épreuve #2, 1 et 3	

Épreuve #1) Évaluation de la mobilité des bras

Épreuve #2) Évaluation de la capacité à contrôler le véhicule (simulation)

Épreuve #3) Évaluation de la capacité à effectuer un dépassement (simulation)

### MISES EN GARDE ET COLLABORATION

Si vous souffrez des affections suivantes, vous ne pourrez pas participer à l'étude :

- Épilepsie
- Forte histoire de migraine
- Nausées
- Perte de conscience
- Maux de tête fréquents
- Vertiges
- Mal des transports
- Fatigue importante
- Vision embrouillée

Il est demandé de prendre un repas avant l'étude.

De plus, nous vous demandons de ne pas prendre de café, d'alcool, ni autres stimulants (thé, chocolat...) 12 heures avant l'étude.

### RISQUES

Les principaux risques de l'étude peuvent survenir au moment de la fabrication de l'immobilisation plâtrée et au retrait de celle-ci à la fin des tests.

Les principaux risques sont classés du plus au moins fréquent :

- stress occasionné par le retrait de l'immobilisation
- inconforts reliés à l'immobilisation orthopédique
- points de pression
- brûlure provoquée par l'application de la fibre de verre ou par le retrait de celui-ci à l'aide de la scie à plâtre
- abrasions cutanées
- réaction allergique aux substances utilisées

Toutes les mesures de sécurité possibles seront prises pour réduire ces risques au minimum : utilisation d'eau froide pour prévenir le risque de brûlure, le retrait du plâtre avec des languettes de plastique pour éviter brûlement et abrasion, positionnement d'un rembourrage adéquat, confection de l'immobilisation selon les règles de l'art pour éviter l'inconfort et les points de pression. La confection sera effectuée par un personnel qualifié, ayant les connaissances requises pour effectuer la tâche, reconnaître les complications s'il y a lieu et pour diriger un plan de traitement immédiat.



## Formulaire d'information et de consentement de participation

(Page 4)

CARACTERISATION DES EFFETS DES IMMOBILISATIONS ORTHOPEDIQUES SUR LES PERFORMANCES DE CONDUITE LORS DE  
TACHES DE CONDUITE SIMULEE  
Dossier 2012-17

La deuxième source de risque de l'étude provient de l'utilisation d'un simulateur de conduite. Il est démontré dans la littérature que, lors de simulation visuelle seule, le cerveau s'adapte parfois difficilement à un mouvement visuel non ressenti physiquement. Il peut survenir alors le mal du simulateur, une réaction vagale (chaleur, sudation, nausées, vomissements, vertiges) pouvant incommoder les sujets. Ces réactions surviennent généralement lorsque le réalisme de la simulation est poussé et lorsque les sujets de l'étude sont d'un âge avancé.

Pour minimiser les risques d'inconfort, une ventilation adéquate et une température ambiante abaissée seront de mise puisqu'elles se sont avérées efficaces dans la prévention du mal du simulateur.

Étant donné le type de tâche de conduite demandée et la courte période durant laquelle vous serez en contact avec la simulation visuelle de conduite, il est peu probable que vous soyez incommodé par le mal du simulateur.

### INCONVÉNIENTS

Vous devez prévoir une période de 3 heures de votre temps pour ce projet.

### AVANTAGES

Vous ne retirerez aucun avantage direct en participant à cette étude. Toutefois, les résultats obtenus contribueront à l'avancement des connaissances afin de guider les orthopédistes et les organismes dans l'élaboration de règles permettant de maximiser la sécurité des usagers de la route et de protéger les droits et l'autonomie des malades.

### PARTICIPATION VOLONTAIRE ET POSSIBILITÉ DE RETRAIT

Votre participation à ce projet de recherche est volontaire. Vous êtes donc libre de refuser d'y participer. Vous pouvez également vous retirer de ce projet à n'importe quel moment, sans avoir à donner de raisons, en faisant connaître votre décision au chercheur responsable du projet ou à l'un des membres de son équipe de recherche.

Le chercheur responsable du projet ou l'un des membres de son équipe de recherche peuvent également mettre fin à votre participation, sans votre consentement, si vous ne respectez pas les consignes du projet.

Si vous vous retirez de l'étude ou en êtes retiré, l'information obtenue dans le cadre de l'étude sera anonymisée et conservée par le chercheur responsable selon l'information décrite à la rubrique Confidentialité.

### CONFIDENTIALITÉ

Durant votre participation à ce projet de recherche, le chercheur responsable du projet ainsi que son équipe de recherche recueilleront et consigneront, dans un dossier de recherche, les renseignements vous concernant. Seuls ceux qui sont strictement nécessaires pour répondre aux objectifs scientifiques du projet seront recueillis et utilisés à des fins de recherche.

Ces renseignements (données) comprendront les informations suivantes :

- Nom
- Sexe
- Âge
- Photographies

## Formulaire d'information et de consentement de participation

(Page 5)

CARACTERISATION DES EFFETS DES IMMOBILISATIONS ORTHOPEDIQUES SUR LES PERFORMANCES DE CONDUITE LORS DE  
TACHES DE CONDUITE SIMULEE  
Dossier 2012-17

- Enregistrements vidéo ou audio
- Habitudes de vie
- Habitudes de conduite et autres faits relatifs à votre dossier de conduite.

Toutes ces données demeureront strictement confidentielles, dans les limites prévues par la loi. Afin de préserver votre identité et la confidentialité des renseignements recueillis, vous serez identifié par un numéro de code. En aucun temps, il ne sera possible de vous identifier. La clé du code reliant votre nom à votre dossier de recherche sera conservée exclusivement par le chercheur responsable et l'un des membres de son équipe.

À la fin du projet, les données cliniques contenues dans votre dossier de recherche seront anonymisées et pourront ainsi :

- Être publiées dans des revues spécialisées
- Faire l'objet de discussions scientifiques
- Servir pour d'autres analyses reliées au projet
- Servir pour l'élaboration de projets de recherche futurs

Quant à vos renseignements personnels (votre nom et/ou vos coordonnées), ils seront conservés dans un dossier séparé, pendant 5 ans après la fin du projet par le chercheur responsable et seront détruits selon les normes en vigueur au CSSS-IUGS par la suite.

Durant cette période, dans l'éventualité où des projets de recherche similaires à celui-ci se réaliseraient, acceptez-vous que le chercheur responsable du projet ou un membre de son équipe de recherche prenne contact avec vous pour vous proposer une nouvelle participation ? Bien sûr, lors de cet appel, vous seriez entièrement libre d'accepter ou de refuser de participer.

Oui ☐ Non ☐

Les personnes suivantes pourront consulter votre dossier de recherche :

- Vous-même, pour vérifier les renseignements recueillis et les faire rectifier au besoin et ce, aussi longtemps que le chercheur responsable ou le CSSS-IUGS détiennent ces informations.
- Une personne mandatée par le CÉR du CSSS-IUGS ou par des organismes publics autorisés et ce, à des fins de surveillance et de contrôle. Toutes ces personnes et organismes adhèrent à une politique de confidentialité.

### ENREGISTREMENT VIDÉO ET / OU PRISE DE PHOTOGRAPHIES

Lors de l'expérimentation, des enregistrements vidéo et des photographies seront prises.

Il n'est cependant pas nécessaire de consentir à ce volet pour participer au présent projet. Si vous refusez, les enregistrements et les photographies vous concernant seront détruits à la fin du projet dans le respect de la confidentialité.

Nous permettez-vous d'utiliser ces données à des fins de formation et/ou de présentations scientifiques, sachant que vous pourrez être reconnu ?

Oui ☐ Non ☐

### COMPENSATIONS FINANCIÈRES

Initiales du participant : \_\_\_\_\_  
Version 2 datée du 15 octobre 2012

Page 5 de 7

## Formulaire d'information et de consentement de participation

(Page 6)

CARACTERISATION DES EFFETS DES IMMOBILISATIONS ORTHOPEDIQUES SUR LES PERFORMANCES DE CONDUITE LORS DE  
TACHES DE CONDUITE SIMULEE  
Dossier 2012-17

Vous recevrez à titre de dédommagement une compensation financière de 20 \$. La compensation vous sera versée en argent comptant lorsque vous quitterez le Centre de recherche sur le vieillissement. Si vous ne terminez pas le projet, vous recevrez quand même le montant pour dédommager les frais encourus.

### INDEMNISATION EN CAS DE PRÉJUDICE ET DROITS DU PARTICIPANT

Si vous deviez subir quelque préjudice que ce soit dû à votre participation au projet de recherche, vous recevrez tous les soins et services requis par votre état de santé, sans frais de votre part.

En acceptant de participer à ce projet, vous ne renoncez à aucun de vos droits ni ne libérez le chercheur responsable du projet ou l'établissement où se déroule ce projet de recherche de leur responsabilité civile et professionnelle à votre égard.

### PERSONNES RESSOURCES

Pour des informations supplémentaires :

Si vous avez des questions supplémentaires concernant cette étude, vous pouvez rejoindre le Dr François Cabana au 819-346-1110 poste 14233 ou Mathieu Hamel, au numéro de téléphone 819-780-2220 poste 45612.

Pour vos droits à titre de participant :

Si vous avez des plaintes ou commentaires concernant vos droits en tant qu'utilisateur du CSSS – IUGS, vous pouvez contacter le Commissaire local aux plaintes et à la qualité des services, au numéro 819-780-2220 poste 40204.

### SURVEILLANCE DES ASPECTS ÉTHIQUES

Le Comité d'éthique de la recherche du CSSS – IUGS a approuvé ce projet de recherche et en assure le suivi. De plus, il approuvera au préalable toutes révisions et toutes modifications apportées au formulaire d'information et de consentement et au protocole de recherche.

Si vous désirez obtenir de l'information concernant votre participation à ce projet de recherche, vous pouvez rejoindre la coordonnatrice du Comité d'éthique de la recherche au numéro 819-780-2220 poste 45320.

## Formulaire d'information et de consentement de participation

(Page 7)

CARACTERISATION DES EFFETS DES IMMOBILISATIONS ORTHOPEDIQUES SUR LES PERFORMANCES DE CONDUITE LORS DE  
TACHES DE CONDUITE SIMULEE  
Dossier 2012-17

### CONSENTEMENT DU PARTICIPANT

J'ai pris connaissance du présent formulaire d'information et de consentement. Je reconnais qu'on m'a expliqué le projet, qu'on a répondu à toutes mes questions et qu'on m'a laissé le temps voulu pour prendre une décision.

Je consens à participer à ce projet de recherche aux conditions qui y sont énoncées.

<b>Nom du participant</b> (lettres moulées)	<b>Signature du participant</b>	<b>Date</b>
--	---------------------------------	-------------

<b>Nom de la personne qui obtient le consentement</b> (lettres moulées)	<b>Signature de la personne qui obtient le consentement</b>	<b>Date</b>
--	---	-------------

### ENGAGEMENT DU CHERCHEUR RESPONSABLE DU PROJET

Je m'engage, avec mon équipe de recherche, à respecter ce qui a été convenu au présent formulaire d'information et de consentement et à ce qu'une copie signée soit remise au participant.

Je m'engage également à respecter le droit de retrait du participant et à l'informer de toute nouvelle connaissance acquise durant le déroulement du projet qui pourrait modifier sa décision de continuer d'y participer.

**François CABANA**

<b>Nom du chercheur</b> (lettres moulées)	<b>Signature du chercheur</b>	<b>Date</b>
--	-------------------------------	-------------

## Annexe 8 : Certificat d'éthique en matière de recherche sur les humains

*\* Tel que précisé dans la méthodologie, notre projet de recherche est imbriqué à une étude de plus grande envergure dont le comité d'éthique avait accepté le protocole en 2012.*



Sherbrooke, le 13 juillet 2015

### CERTIFICAT D'ÉTHIQUE EN MATIÈRE DE RECHERCHE SUR DES HUMAINS

Le Comité d'éthique de la recherche du Centre de santé et de services sociaux - Institut universitaire de gériatrie de Sherbrooke atteste qu'il a dûment évalué et approuvé les documents qui lui ont été soumis.

#### TITRE DU PROJET DE RECHERCHE

**Caractérisation des effets des immobilisations orthopédiques sur les performances de conduite lors de tâches de conduite simulées**

#### LA PRÉSENTE APPROBATION A ÉTÉ DEMANDÉE PAR :

**Docteur François Cabana, MD, M.Sc.**

Chercheur principal

Service de chirurgie orthopédique

CIUSSS de l'Estrie - CHUS

L'approbation éthique pour ledit projet de recherche est valide jusqu'au **18 juillet 2016**

Le numéro de dossier attribué au projet cité en rubrique par le CÉR est le **2012-17/Cabana**

Chantal Doré, Ph.D.  
Présidente